

PROTEUS



december 2014, 4/77. letnik
cena v redni prodaji 5,00 EUR
naročniki 4,20 EUR
upokojenci 3,50 EUR
dijaki in študenti 3,00 EUR
www.proteus.si



mesečnik za poljudno naravoslovje

■
Nobelove nagrade 2014

Letošnja Nobelova nagrada za fiziologijo
ali medicino je bila podeljena
za odkritje možganskih celic,
ki omogočajo orientacijo v prostoru

■
Entomologija

Volkci, žuželke z zanimivo strategijo lova

■
Naravoslovna fotografija

Rezultati natečaja naravoslovne fotografije
za leto 2014



■ stran 151

Nobelove nagrade 2014

Letošnja Nobelova nagrada za fiziologijo ali medicino je bila podeljena za odkritje možganskih celic, ki omogočajo orientacijo v prostoru

Zvezdan Pirtošek

Letošnja Nobelova nagrada za medicino je bila podeljena znanstvenikom Johnu O'Keefeju, May-Britt Moser in Edvardu I. Moserju, ki so svojo ustvarjalnost posvetili starim, a nadvse zanimivim predelom možganov – hipokampusu in predelom entorinalnega korteksa - in nadvse pomembni temeljni življenjski funkciji – navigaciji po notranje izgrajenem spoznavnem zemljevidu (kognitivni mapi) prostora. Spoznanja Johna O'Keefeja in zakoncev Moser pomenijo velik korak v razumevanju osnovnih mehanizmov, po katerih delujejo možgani. Pokazali so, da hipokampus in entorinalni korteks nadaljujeta evolucijsko vlogo medialnega paliuma: predstavitev prostorskega spomina (pri nekaterih vrstah tudi epizodičnega) in izgradnjo alocentričnega, od trenutnega položaja lastnega telesa neodvisnega spoznavnega zemljevida, ki organizmu omogoča učinkovito navigacijo v konkretnem prostoru. Tiste vrste, ki imajo izostren prostorski spomin, imajo sorazmerno večji hipokampus. Delo letošnjih nagrajencev je izjemnega pomena tudi za klinično, praktično medicino in še posebej za zdravstvo 21. stoletja.



- 148 Uvodnik
Tomaž Sajovic
- 151 Nobelove nagrade 2014
Letošnja Nobelova nagrada za fiziologijo ali medicino je bila podeljena za odkritje možganskih celic, ki omogočajo orientacijo v prostoru
Zvezdan Pirtosek
- 156 Entomologija
Volčki, žuželke z zanimivo strategijo lova
Vesna Klokočovnik
- 162 Fizika
Moseley in vrstno število
Janez Strnad
- 167 Medicina
Varfarin: od strupa za podgane do učinkovitega zdravila
Nejc Pavšič
- 172 Nevrologija
Železo zdravi nespečnost, ki jo povzroča sindrom nemirnih nog
Andrej Gogala
- 176 Naravoslovna fotografija
Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2014
Petra Draškovič
- 183 Ohranjanje zgodovinskega spomina
Trg Franca Krašana v Šempasu
Marija Mercina
- 185 Naše nebo
Zimsko nebo in Jupitrova velika rdeča pega
Mirko Kokole
- 187 Table of Contents



Naslovnica: **Velikan**. Foto: Ana Kriselj.

Proteus

Izbjava od leta 1933

Mesečnik za poljudno naravoslovje

Izdajatelj in založnik: Prirodoslovno društvo Slovenije

Odgovorni urednik:

prof. dr. Radovan Komel

Glavni urednik: dr. Tomaž Sajovic

Uredniški odbor:

Janja Benedik

prof. dr. Milan Brumen

dr. Igor Dakskobler

asist. dr. Andrej Godec

akad. prof. dr. Matija Gogala

dr. Matevž Novak

prof. dr. Gorazd Planinšič

prof. dr. Mihael Jožef Toman

prof. dr. Zvonka Zupanič Slavc

dr. Petra Draškovič

Lektor: dr. Tomaž Sajovic

Oblikovanje: Eda Pavletic

Angleški prevod: Andreja Šalamon Verbit

Priprava slikovnega gradiva: Marjan Richter

Tisk: Trajanus d.o.o.

Svet revije Proteus:

prof. dr. Nina Gunde – Cimerman

prof. dr. Lučka Kajfež – Bogataj

prof. dr. Tamara Lah – Turnšek

prof. dr. Tomaž Pisanski

doc. dr. Peter Skoberne

prof. dr. Kazimir Tarman

Proteus izdaja Prirodoslovno društvo Slovenije. Na leto izide 10 števil, letnik ima 480 strani. Naklada: 2.500 izvodov.

Naslov izdajatelja in uredništva: Prirodoslovno društvo Slovenije, Salendrova 4, p.p. 1573, 1001 Ljubljana, telefon: (01) 252 19 14, faks (01) 421 21 21.

Cena posamezne številke v prosti prodaji je 5,00 EUR, za naročnike 4,20 EUR, za upokojence 3,50 EUR, za dijake in študente 3,00 EUR.

Celoletna naročnina je 42,00 EUR, za upokojence 35,00 EUR, za študente 30,00 EUR. 9,5 % DDV in poštnina sta vključena v ceno.

Poslovni račun: SI56 0201 0001 5830 269, davčna številka: 18379222. Proteus sofinancira: Agencija RS za raziskovalno dejavnost.

<http://www.proteus.si>

prirodoslovno.drustvo@gmail.com

© Prirodoslovno društvo Slovenije, 2014.

Vse pravice pridržane.

Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez pisnega dovoljenja izdajatelja ni dovoljeno.

Uvodnik

V tokratnem uvodniku se bom vrnil k razmišljanju o izobraževanju in njegovi vlogi v sodobni družbi. Izobraževanje je danes na vseh svojih ravneh v krizi. Najbolje je, da trditev začetnem utemeljevati z navedbo na videz in za splošno prepričanje »neproblematičnega« stavka iz osnutka zakona o visokem šolstvu, ki trenutno še čaka v predalu na Ministrstvu za izobraževanje, znanost in šport: »Univerza (...) neposredno ali prek svojih članic v izobraževalnem procesu posreduje spoznanja z več znanstvenih oziroma umetniških področij ali disciplin.« V resnici stavek sporoča nekaj najbolj vprašljivega. V njegovem jeziku so učitelji in študenti »izginili«, »vzniknile« pa so ustanove – univerza in članice. Človek iz krvi in mesa, z vsemi svojimi strahovi in upanji, pomanjkljivostmi in odlikami, je »poniknil« v brezosebne mehanizme ustanove. Še bolj vprašljiva je uporaba besedne zveze *posredovati spo-*

znanja. Glagol *posredovati* predpostavlja ločitev na univerzo in njene članice, ki imajo *védenje* in ki ga kot nekakšen »izgotovljeni izdelek«, »nekakšno blago«, predajajo tistim, ki ga nimajo, v »uporabo«. Izobraževanje na univerzi in njenih članicah je zdaj razumljeno kot tehnokratsko »vlivanje« znanja v »glave« študentov, ki so tako postali le še trpni predmet izobraževalnega pogona. V tako razumljenem izobraževanju ni le znanje »blago«, ampak so »blago« postali tudi učitelji in študenti. Ali kot je »slikovito« zapisano v knjigi s presunljivim naslovom *Ubijanje mišljenja. Smrt univerz (Killing Thinking. The Death of the Universities)*, ki jo je leta 2004 napisala angleška univerzitetna profesorica ženskih študij Mary Evans: profesorji so (tudi) v Veliki Britaniji postali samo še avtomati, ki študentom »dobavljajo učno blago«, študenti, ki so tudi postali avtomati, pa ga samo še »dvigujejo«. Študij-

ske programe na naših univerzah tako na primer ne izvajajo več le tisti učitelji, ki so jih zasnovali, ampak to lahko počnejo tudi tisti, ki pri snovanju sploh niso sodelovali, od števila študentov je do nedavna bilo odvisno celo financiranje posameznih fakultet, vedno glasnejša so tudi razmišljanja o plačljivosti študija. Da ne omenjamo vsaj že desetletje trajajočih neoliberalnih »zahtev« po *podrejanju* univerze gospodarstvu in »trgu dela«, kar bolonjska prenova univerze na svoj način bolj ali manj »vestno« tudi že uresničuje. Taka usmeritev pa ni postala uradni cilj samo univerzitetnega, ampak vsega izobraževanja v Evropski uniji. Brati moramo samo strateški dokument Evropske komisije z naslovom *Premislek o izobraževanju: investicija v spretnosti za boljše socialno-ekonomske dosežke* (2012). V njem najdemo zapisan tudi sledeči stavek: »[E]vropski [izobraževalni] sistemi še vedno ne zagotavljajo pravih spretnosti za zaposljivost in ne sodelujejo ustrezno s poslovnim okoljem in zaposlovalci, da bi približali učno izkušnjo realnosti delovnega okolja.« Prav to neskladje med potrebami gospodarstva in kompetencami, ki jih ponuja šola, naj bi povečevalo »skrb za kompetitivnost evropske industrije« (več je mogoče prebrati v spremni študiji Slavka Gabra v drobni knjižici *Finska v vrhu znanja 2030. Študija o prihodnosti izobraževanja. Poročilo finskega sindikata vzgoje in izobraževanja OAJ*, ki je v slovenskem jeziku izšla leta 2014). Neoliberalna ideologija tako postaja idejni temelj vsega sodobnega izobraževanja.

Tako izobraževalno politiko je v svoji knjigi z naslovom *Dobro izobraževanje v dobi merjenja* (*Good Education in an Age of Measurement*, 2010) nizozemski univerzitetni profesor in raziskovalec na področju izobraževanja Gert J. J. Biesta (1957-) ostro kritiziral: »Izobraževanje postane *neizobraževalno*, če vso svojo pozornost usmeri le v socializacijo – to je v 'nameščanje' 'prišlekov' v obstoječi družbeni, kulturni in politični red (ki je danes neoliberalen, saj ga določa, kot vidimo, predvsem, če ne celo izključno, ekonomija; opomba je moja) – in ne kaže zanimanja za načine, na katere prišleki lahko na neki način hkrati postajajo tudi *neodvisni* od takega reda. Z drugimi besedami, izobraževanje mora vedno namenjati posebno pozornost tudi človekovi svobodi [...]«

V Biestovi kritiki sodobne neoliberalne izobraževalne politike odmeva misel, ki jo je nemški

filozof Immanuel Kant (1724-1804) zapisal v svojem znamenitem besedilu *Odgovor na vprašanje: Kaj je razsvetljenstvo?* (1783, v slovenskem prevodu leta 1987 in leta 2006 v knjigi Immanuel Kant: *Zgodovinsko-politični spisi*): »[J]avna uporaba lastnega uma mora biti vsekakor svobodna in samo ona lahko pripelje do razsvetljenosti med ljudmi. Njegova zasebna raba je lahko pogosto tudi zelo omejena, ne da bi bil zato napredek v razsvetljevanju huje prizadet. Z javno rabo lastnega uma razumem tisto, ki jo kdo kot *učenjak* izvaja pred celotnim občinstvom *sveta bralcev*. Zasebno rabo uma pa imenujem tisto, ki si jo sme dovoliti na določenem zaupanem mu civilnem položaju ali uradni službi.«

Če Biestovo kritiko povežemo s Kantovo razsvetljensko mislijo, potem lahko zapišemo naslednje. Kadar učitelji »izobražujejo« le zato, da bi se otroci, učenci in študenti čim bolj »uspešno« poistovetili z »obstoječim družbenim, kulturnim in političnim redom« - ki je danes neoliberalen -, se predajajo *zasebni rabi uma*. Z drugimi besedami, delujejo kot »nedoletni« posamezniki, kot tisti torej, ki niso sposobni »uporabljati svojega razuma brez vodstva koga drugega«. Biesta ima popolnoma prav: tako izobraževanje v resnici sploh ni izobraževanje, je samo učenje, neredko celo zgolj urjenje spretnosti »za boljše socialno-ekonomske dosežke«. Posledica takega »izobraževanja« - ki pa je hkrati tudi vzrok zanj - je »nedoletna«, neoliberalna avtoritarna družba.

Današnje prevladujočo neoliberalno avtoritarno družbo obvladuje torej – če uporabimo besednjak Slavvoja Žižka – nekakšni nezapisani *Denkverbot*, »prepoved« mišljenja, ki jo zgodovinsko ponazarja znamenita izjava angleške ministrske predsednice Margaret Thatcher: »Neoliberalizem nima alternative.« Sporočilo ljudem je »jasno«: Ne *razmišljajte*, neoliberalno upravljanje gospodarstva je »naravno« dejstvo, vse drugo so le fantazije, zato bodite poslušni in »vam bo dobro na zemlji«. Biesta je prepričan, da bi se učitelji – kot tudi vsi ljudje - morali odločno spopasti z neoliberalno »prepovedjo« mišljenja in *se osvoboditi* uročnosti z njo. To pa lahko storijo le, če začnejo izobraževati v skladu s Kantovim razsvetljskim geslom: »Bodi pogumen, uporablaj svoj *lastni* razum.« Tako uporabo razuma je Kant imenoval *javna raba uma*. Opisal jo je takole: »Za razsvetljenstvo pa ni treba drugega kot *svobode* in to najbolj neškodljive od vsega, kar se lahko

imenuje svoboda, namreč tole: uveljavitev vsestranske *javne rabe* lastnega uma. Zdaj pa slišim z vseh strani klice: ne *rezonirajte* [poslovenjeno: ne *razmišljajte*]! Častnik pravi: »Ne rezonirajte, eksercirajte!« Finančni svetnik: »Ne rezonirajte, plačajte!« Duhovnik: »Ne rezonirajte, verujte!« [...] Vseповsod je tu omejitev svobode. Katera omejitev pa je razsvetljenstvu v oviro in katera to ni, temveč ji je le v pomoč? – Odgovarjam: *javna raba* lastnega uma mora biti vsekakor svobodna in samo ona lahko pripelje do razsvetljenosti med ljudmi.«

Zdaj se lahko vrnemo k drugemu delu Biestovega besedila. V njem je zapisano Biestovo razumevanje *javne rabe uma* v izobraževanju. Izobraževanje je tako lahko le takrat, kadar v otrocih, učencih in študentih razvija sposobnost in moč za kritično spoprijemanje z obstoječim družbenim, kulturnim in političnim redom, ki je danes neoliberalen. Kar pa ni dovolj. V otrocih, učencih in študentih mora namreč razvijati tudi sposobnost in moč za kritično spoprijemanje s samim seboj. Izobraževanje mora zato vedno namenjati posebno pozornost tudi človekovi svobodi.

Biesta izobraževanje očitno razume kot *Bildung* (ta nemški klasični humanistični pojem je zaradi svoje pomenske mnogoznačnosti izredno težko prevesti z eno besedo, v slovenščini zanj uporabljamo celo vrsto izrazov: izobrazba, kultura, omika, vzgoja, pa tudi samooblikovanje, samouresničevanje, samoporajanje ali samopotrjevanje). Nemški filozof Hans-Georg Gadamer (1900–2002) je v knjigi *Resnica in metoda* (1960, v slovenskem prevodu 2001) pojmu *Bildung* podelil prav poseben pomen, z njim je kot cilj mišljenja izpodrinil in nadomestil pojem »vednosti«. Trdil namreč je, da je preoblikovanje nas samih najpomembnejše, kar lahko storimo v življenju. Skrajno subtilni pojem *Bildung* zaznamuje torej človekovo bivanjsko naravnost, ki jo dovolj dobro opisuje tudi beseda samoporajanje. Gadamerju samoporajanje pomeni, da človek postaja novo bitje. Kaj pa sploh pomeni postajati novo bitje? Stališče nemškega filozofa Georga Wilhelma Friedricha Hegla (1770–1831) je bilo naslednje: Obče bistvo človeške omike je, da iz sebe naredi obče duhovno bitje. Kdor se prepušča partikularnosti, kdor se žene samo za svojimi zasebnimi koristmi, kdor se – če uporabimo Kantov besednjak – predaja *zasebni rabi uma*, je zato neomi-

kan. Toda Hegel ne bi bil Hegel, če ne bi dodal: Bistvo vsakega človekovega delovanja je, da snovno in družbeno resničnost omikuje, namesto da bi ju potrošilo, »unicilo«. Ko pa človek omikuje snovno in družbeno resničnost, omikuje in spoznava tudi samega sebe. Omika, *Bildung*, tako pomeni etično bivanjsko držo, ki si prizadeva za dostojanstvo vsega živega in neživega.

Zdaj je morda bolj razumljivo, zakaj je Biesta pri svojem razmišljanju o dobrem izobraževanju uporabil pojem *pedagogika prekinitve*, ki bi ga lahko imenovali tudi *pedagogika osvoboditve*. V človeku skuša odkriti in razviti sposobnosti in moč, da bi se lahko »iztrgal« iz duševnih vezi obstoječega družbenega, kulturnega in političnega reda in njegovih ustanov in da jih ne bi več jemal za nekaj samoumevnega in nespremenljivega. *Pedagogika osvoboditve* skuša omogočiti porajanje »novega človeka« in »nove družbe«.

Mary Evans je svoj boj za »osvoboditev« univerz razumela radikalno. Razumemo ga lahko kot alegorijo človekovega boja proti neoliberalizmu: »Naslov knjige namiguje na možnost smrti v slonokoščinem stolpu univerze. [...] Obstaja verjetnost, da se bodo stolpi počasi začeli prazniti z ustvarjalnostjo, ko se bodo nove generacije naveličale smrtonosnih možnosti birokratizirane univerze in se odločile, da zapustijo njen svet in začnejo razvijati svojo nadarjenost kje drugje. Če se bo to zgodilo, bodo univerze, kakršne smo jih poznali do sedaj, verjetno počasi izgini- le. Morda se bodo univerze resnično demokratizirale šele tedaj, ko jih bodo prihodnje generacije zapustile; morda ni več potrebno, da ideje živijo v posebej za njih namenjenih prostorih. [...] Če naj izobraževanje v liberalni demokraciji sploh kaj pomeni, potem moramo priznati, da ni nujno, da ga izenačujemo s prilagodljivostjo in poslušnostjo ter kaznovalnimi režimi ocenjevanja dosežkov. Morda bi na začetku 21. stoletja spet morali poskusiti uživati v pristni akademski svobodi.« Nekaj podobnega trdi tudi »avtorska skupina« slovenskih študentov, raziskovalcev in univerzitetnih učiteljev v knjigi z naslovom *Kaj po univerzi?* Izšla je leta 2013.

In – ali ni že Albert Einstein svoja velika odkritja objavljaj, ko je služboval na patentnem uradu in ne na univerzi?

Tomaž Sajovic

Letošnja Nobelova nagrada za fiziologijo ali medicino je bila podeljena za odkritje možganskih celic, ki omogočajo orientacijo v prostoru

Zvezdan Pirtošek



John O'Keefe (1939, New York v Združenih državah Amerike), Univerzitetni kolidž (University College, UCL) v Londonu v Veliki Britaniji.



May-Britt Moser (1963, Fosnavåg na Norveškem), Norveška univerza znanosti in tehnologije (NTNU) v Trondheimu na Norveškem.



Edvard I. Moser (1962, Ålesund na Norveškem), Norveška univerza znanosti in tehnologije (NTNU) v Trondheimu na Norveškem.

Letošnja Nobelova nagrada za medicino je bila podeljena znanstvenikom, ki so svojo ustvarjalnost posvetili starim, a nadvse zanimivim predelom možganov – hipokampusu in predelom entorinalnega korteksa – in nadvse pomembni temeljni življenjski funkciji – navigaciji po notranje izgrajenem spoznavnem zemljevidu (kognitivni mapi) prostora.

Ti predeli so se v evoluciji pojavili že zdavnaj. Hipokampus se je razvil iz dela medialnega paliuma, strukture, ki jo najdemo pri vseh vretenčarjih in je v bistvu središčni (medialni) rob bodoče možganske skorje –

rob, ki ga bomo imenovali tudi limbični sistem in ga povezovali s čustvi in spominom. Popolnoma razvita možganska skorja se sicer pojavi precej kasneje, šele pri sesalcih. Hipokampus se – za razliko od hitrega povečevanja »novejše« možganske skorje (neokorteksa) – v razvoju sesalcev ne spreminja veliko in pri primatih zavzema razmeroma precej manjši del možganske skorje kot na primer pri glodalcih. Hipokampus je sestavljen iz dveh med seboj prepletenih delov: Amonovega roga (Cornu Ammoni, CA1, CA2 in CA3) in dentatne vijuge (latinsko *gyrus dentatus*).

V hipokampusu in iz njega potekajo bogate anatomske povezave s tesno prilegajočo se entorinalno skorjo v sosednji parahipokampalni možganski vijugi. Preko nje ima hipokampus vzajemne povezave s skoraj vsemi možgani, sam pa je dobro povezan tudi z evolucijsko novimi območji, na primer prefrontalnim korteksom.

Hipokampus je prvi opisal beneški anatom Julius Caesar Aranzi (1587) in ga – zaradi podobne oblike – poimenoval po morskem konjičku (latinsko *hippocampus* iz grških besed ἵππος, *konj*, in κάμπος, *morska pošast*). V medicini je hipokampus izzval izjemno pozornost sredi prejšnjega stoletja, ko je bila – prvič in zadnjič v medicini – izvedena kirurška odstranitev obeh hipokampusov pri H. M., mladem bolniku s težko epilepsijo. Kirurška terapija je privedla do nepričakovanega in nenavadnega zapleta: težke anterogradne in delne retrogradne izgube spomina (amnezije). Nesrečnemu mladeniču je poseg izbrisal spomine na dogodke zadnjih let, tvoriti pa ni mogel tudi novejših časovno urejenih spominov in dejstev (epizodični in semantični spomin), se je pa spominjal tako dogodkov iz otroštva kot naučenih veščin, na primer vožnje s kolesom (proceduralni, implicitni spomin). H. M. nas je torej naučil, da je spominskih sistemov v možganih več in da je hipokampus del zavedanju dostopnega spominskega sistema za dogodke in dejstva (deklarativni, eksplicitni spomin). H. M. je za časa svojega življenja postal najbolj preučevan bolnik v zgodovini medicine, hipokampus pa je postal sinonim za »središče« spomina v možganih.

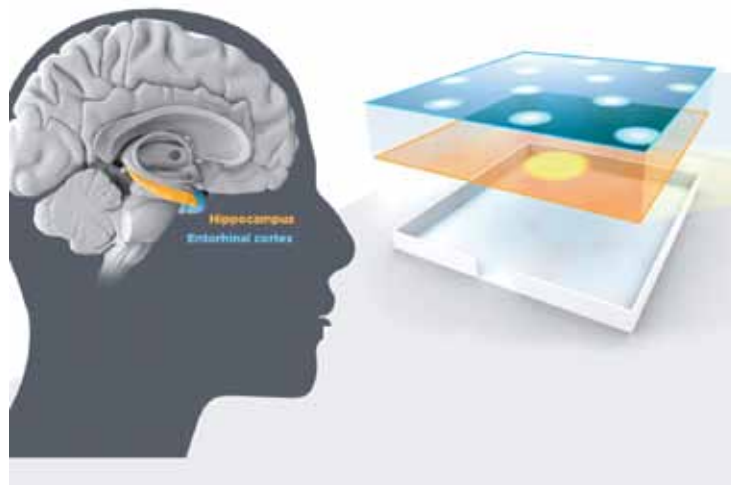
Desetletje kasneje je še eno odkritje postavilo hipokampus v nevroznanstveno žarišče: leta 1966 je Norvežan Terje Lømo prav na celicah hipokampusu zajca opisal fascinantni celični mehanizem spomina, tako imenovano dolgoročno potenciacijo (angleško *long-term potentiation*, *LTP*), ko zaradi sinhronega draženja dveh nevronov prihaja do dolgoročne okrepitev v prenosu dražljaja med tema dvema možganskima celicama.

Hipokampus in spomin sta postala pravi »vroči temi« v neurologiji in v naslednjem desetletju je angleški znanstvenik John O'Keefe opisal novo, bolj osnovno in evolucijsko še starejšo vlogo hipokampusu. O'Keefe in njegov študent Dostrovsky sta v začetku sedemdesetih let v vrsti nevrofizioloških poskusov na živalih opazovala, da so v hipokampusu celice, ki so se začele prožiti, ko je bila podgana na določenem mestu znotraj opredeljenega polja (na primer levo od tretjega ovinka). Z najvišjo frekvenco (40 Hz) so se celice začele prožiti, ko je žival dosegla središče polja. Poleg ustreznega mesta pa je celico lahko aktiviralo še marsikaj, na primer smer, v katero se je podgana namenila, ali pa cilj, ki ga je skušala doseči. O'Keefe je te celice poimenoval prostorske celice (angleško *place cells*). Zanimivo je, da vključevanje in razpored aktivnih celic ne odslikava mesta, topografije in strukture zunanjega okolja: sosednja elementa v fizičnem prostoru ne povzročita nujno proženja sosednjih možganskih prostorskih celic v hipokampusu. Kljub temu, da so korelacije med topografijo elementov zunanjega prostora in topografijo aktivnih celic hipokampalnega prostora minimalne, pa so spoznanja O'Keefeja in njegovih sodelavcev obudila že skoraj pozabljeno teorijo »spoznavnih zemljevidov«, ki jo je leta 1948 na podlagi psiholoških poskusov postavil Edward Tolman, in jo dopolnila s spoznanjem, da se eden od takih spoznavnih zemljevidov nahaja v hipokampusu: to je nevronska predstavitev topografije okolja, ki organizmu omogoča navigacijo. Na živalskih modelih je bila opisana zanimiva lastnost prostorskih celic. Če mlado podgano prestavimo v drug prostor, bo kaj hitro vzpostavila novo nevronske topografije novega okolja, spet pa jo bo povrnila v prvotno strukturo, ko jo vrnemo v prejšnji prostor. Ostarele podgane pa dejavnosti prostorskih celic pogosto niso mogle prilagoditi. A optimizem ostaja: nekatere študije na živalih in ljudeh kažejo, da antioksidanti (na primer pterostilben v

borovnicah) in fizična dejavnost izboljšujejo funkcije hipokampusa.

S Tolmanovo teorijo spoznavnih zemljevidov in O'Keefejevimi najdbami lahko razložimo eno najbolj odmevnih in širši javnosti znanih študij o vlogi hipokampusa, ki jo je leta 2000 objavil Maguire s sodelavci. Študija je pokazala, da imajo londonski taksisti (zelo dobro morajo obvladati prostorski labirint londonskih ulic) večji hipokampus od kontrolne skupine, med taksisti pa imajo večji hipokampus boljši in bolj izkušeni taksisti, tisti, ki so več let v tej službi.

Kot rečeno, ob izteku prejšnjega stoletja je mnoge znanstvenike prevzela problematika hipokampusa. Hipokampusu sta svojo raziskovalno strast zapisala tudi dva mlada doktoranda, May-Britt in Edvard Moser (drugi del strasti ju je popeljal v zakonski stan). May-Britt je preučevala predvsem anatomsko osnovo hipokampalnega učenja, Edvard pa vlogo dolgoročne potenciacije. Po opravljenem doktoratu konec leta 1995 sta odšla za nekaj mesecev k Johnu O'Keefeju. V njegovem laboratoriju sta se učila tehnike snemanja prostorskih celic v hipokampusu



Hipokampus in entorinalni korteks sta del starejšega dela možganov, kjer poleg analize prostora potekajo tudi spominski in čustveni procesi. Shematični prikaz mrežnih celic (modro) in prostorskih celic (rumeno) v entorinalnem korteksu in hipokampusu.

Vir: <http://www.neuropenews.org/wp-content/uploads/2014/10/Figure-1.jpg>.

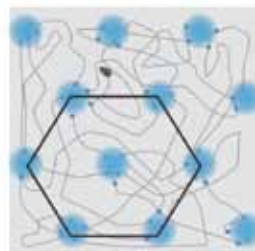
Sistem mrežnih celic predstavlja univerzalno kodo prostora, prostorske celice pa so razmetane točke, ki jo je v strukturo te natisnjene mreže vrisala individualna, specifična izkušnja.

Vir: MLA style: "The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine - Advanced Information". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 20 Jan 2015. www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/advanced.html.

Prostorska celica



Mrežna celica



in kasneje bivanje v Londonu označila kot najbolj intenzivno učno izkušnjo v svojem življenju. Ko sta se avgusta leta 1996 vrnila v rodno Norveško, so obema ponudili delo na Norveški univerzi znanosti in tehnologije v Trondheimu, kjer sta svoje znanje zgradbe in delovanja živalskih možganov lahko nadgradila z uporabo najsodobnejših nevroznanstvenih metod.

Med ostalim sta se spraševala, kako sploh pride do individualne prostorske kode hipokampalnih celic in od kod izvira signal, ki te celice - kot je bilo znano že od 1971 - aktivira samo, če in ko so živali na točno določenem mestu. Ali se to navodilo zgradi v povezavah znotraj hipokampusa ali prihaja iz drugih delov možganov? Da bi odgovorila na to vprašanje, sta podganam naredila majhno lezijo v tistem predelu hipokampusa, kjer potekajo zgodnje stopnje hipokampalnega procesiranja (CA3), odzive pa sta beležila v predelu poznih stopenj (CA1). Rezultati so bili presenetljivi: prekinitvev povezav med CA3 in CA1 ni imela prav nobenega vpliva na dejavnost prostorskih celic: prostorska koda je ostala nespremenjena. To je torej pomenilo, da se prostorski dražljaj ne poraja znotraj kompleksnih struktur hipokampusa, ampak prihaja od zunaj, iz tistega prilagajočega se predela možganske skorje, ki neposredno in množično pošilja aferentne (dovodne) informacije v CA1 - torej iz entorinalne možganske skorje. Ko sta elektrode umestila v entorinalno skorjo, ju je čakalo drugo presenečenje: prisotnost celic, katerih dejavnost ni odslikavala posameznih, specifičnih mest v okolju, ampak je njihovo periodično proženje prekrivalo fizični prostor v obliki mreže mozaično se dopolnjujočih trikotnikov. Moserjeva sta celice poimenovala »mrežne celice« (angleško *grid cells*). Sistem mrežnih celic predstavlja univerzalno kodo prostora. Če te celice lahko primerjamo z mrežo, serijsko natisnjeno na papirju, so prostorske celice razmetane točke, ki jo je v strukturo te natisnjene mreže vrisala individualna, specifična izkušnja,

ki mora postati spomin (kje se obrniti, da bom prispel do hrane). Mrežne celice določajo, kako se prostorski spomin shranjuje v hipokampusu, sam proces shranjevanja, »pogovor« med mrežnimi in prostorskimi celicami, pa je moč posneti elektrofiziološko v obliki oscilacij theta.

Tako sta Moserjeva počasi izgrajevala celostni zemljevid predstavitve prostora v možganih sesalcev in ga dopolnjevala z novimi elementi. Sem sodi na primer odkritje celic, ki se prožijo le, ko je glava obrnjena v določeno smer (angleško *head direction cells*), in takih, ki se prožijo le ob robovih ali kotih fizičnega prostora (angleško *border cells*). A to sta uspela le z uporabo izpopolnjenih tehnik, ki jih je ponudilo novo tisočletje in ki omogočajo ne le pogled na večji možganski sistem (na primer hipokampus), ampak študij funkcijsko zaključenih zank znotraj teh velikih sistemov: od manipulacij s točno določenimi geni do uporabe za svetlobo občutljivih opsinov. Seveda so te celice - kot so pokazale študije na bolnikih z epilepsijo, ki so jim v diagnostične namene vstavili možganske elektrode - (pričakovano) prisotne tudi pri človeku.

Spoznanja Johna O'Keefeja in zakoncev Moser pomenijo velik korak v razumevanju osnovnih mehanizmov, po katerih delujejo možgani. Pokazali so, da hipokampus in entorinalni korteks nadaljujeta evolucijsko vlogo medialnega paliuma: predstavitev prostorskega spomina (pri nekaterih vrstah tudi epizodičnega) in izgradnjo alocentričnega spoznavnega zemljevida, ki organizmu omogoča učinkovito navigacijo v konkretnem prostoru. Tiste vrste, ki imajo izostren prostorski spomin, imajo sorazmerno večji hipokampus. A kot zdravnik se zavedam, da je njihovo delo izjemnega pomena tudi za klinično, praktično medicino in še posebej za zdravstvo 21. stoletja. Čas, ki ga živimo, je zaznamovan z vse manjšo umrljivostjo otrok in daljšo življenjsko dobo: deklica, ki se v teh trenutkih rojeva v Tokiu, ima več kot petdeset odstotkov možnosti, da bo do-

živela sto let. V razvitem svetu ne umiramo več zaradi kuge ali nalezljivih bolezni, tudi srčno-žilne bolezni, možgansko kap in tumorje vse bolj obvladujemo. »Kuga« našega časa hitro postaja demenca (izguba miselnih funkcij, zlasti spomina) in stres. Zanimivo je, da je prav delovanje hipokampusa in entorinalnega korteksa zgodaj in močno prizadeto tako pri najpogostejši demenci (Alzheimerjeva bolezen) kot tudi pri stresu. Delo letošnjih dobitnikov Nobelove nagrade nam v veliki meri pojasnjuje, zakaj: pri Alzheimerjevi bolezni bo do zgodnje izgube eksplicitnega in prostorskega spomina in do slabše orientacije prišlo zaradi poškodovanih prostorskih in mrežnih celic. Zanimivo je, da bo do popolne amnezije prišlo le, če bosta poškodovana oba, tako hipokampus kot tudi entorinalni korteks. Pri stresu – ko telo izloča ogromno steroidov – pa bo prišlo do spominskih motenj zato, ker imajo celice v hipokampusu zelo veliko steroidnih (glukokortikoidnih) receptorjev. S stresom povezani steroidi poškodujejo hipokampus zaradi vsaj treh mehanizmov: prvič, zmanjšajo vzdražnost nevronov, drugič, blokirajo nastanek novih nevronov v bližnji dentatni vijugi, in tretjič, povzročijo izgubo (atrofijo) dendritov, tistih izrastkov tako imenovanih piramidnih nevronov v predelu CA3 hipokampusa, ki so pomembni za prenos informacij. Poznavanje razvoja in delovanja celic in struktur, ki so jih tako elegantno osvetlili John O'Keefe, Edvard Moser in May-Britt Moser, je zato pomembna stopnja v razume-

vanju in zdravljenju Alzheimerjeve bolezni in stresa. Ob prejemu Nobelove nagrade je John O'Keefe (mimogrede, študiral je tudi klasično filozofijo) napovedal, da bo velik del svoje znanstvene dejavnosti in denarne podpore namenil borbi proti Alzheimerjevi bolezni.

Slovarček:

Alocentrični spoznavni zemljevid. *Od trenutne pozicije lastnega telesa neodvisni spoznavni zemljevid prostora.*

Anterogradna izguba spomina (amnezija). *Izguba spomina za dogodke, ki se zgodijo po možganski poškodbi in prebuditvi iz nezavesti.*

Dentatna vijuga (gyrus dentatus). *Zobu podoben predel možganske skorje, ki je po sestavi arhikorteks in leži v globini pod medialnim robom hipokampusa ter je del limbičnega sistema.*

Dolgoročni spomin. *Delimo ga na proceduralni in deklarativni spomin. Proceduralni spomin hrani znanje o tem, kako izvajati določene procese, od gibalnih do kognitivnih veščin (»vedeti kako«), medtem ko deklarativni spomin hrani informacije o stvarih (»vedeti kaj«). Deklarativni spomin nadalje delimo na epizodični in semantični. Epizodični spomin obsega avtobiografske informacije, ki so povezane s konkretnim časom in krajem, semantični spomin pa hrani splošno znanje o dejstvih, predmetih, dogodkih in odnosih med njimi (Sanja Šešok, 2006: Spomin – kaj to je in kako deluje? Zdravstveni vestnik, 75 (2): 101–104.)*

Entorinalni korteks. *Del možganske skorje ob hipokampusu, preko katere poteka glavni dotok kortikalnih informacij v hipokampus.*

Opsin. *Za svetlobo občutljiva beljakovina, ki je del vidnih pigmentov v mrežnici.*

Retrogradna izguba spomina (amnezija). *Izguba spomina za dogodke pred možgansko poškodbo ali boleznijo, ki je povzročila nezavest.*

Profesor Zvezdan Pirtošek je nevrolog, predstojnik Kliničnega oddelka za bolezni živčevja Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana in predstojnik Katedre za bolezni živčevja na Medicinski fakulteti v Ljubljani. Ukvarja se predvsem z nevrodegenerativnimi boleznimi (Alzheimerjeva in Parkinsonova bolezen) in kognitivno nevroznanostjo.



Volčki, žuželke z zanimivo strategijo lova

Vesna Klokočovnik

Pogosto lahko najdemo na peščenih mestih, zaščiteneh pred dežjem, v pesku izkopane lijake, ki so oblikovani kot narobe obrnjeni stožci pravilnih oblik. To so pasti, ki jih za lov plena izdelajo ličinke žuželk, imenovanih volčki. Gradnja takšnih pasti je v živalskem svetu redka, še posebej pri žuželkah, a je učinkovita strategija za lov plena.

Volkce uvrščamo med mrežekrilce, za katere je značilno, da imajo kot odrasli mrežasto ožiljena krila. Pojavljajo se povsod po svetu, z največjim številom vrst v toplejših predelih. V Sloveniji je trenutno znanih šest vrst volkcev, vendar je pričakovati, da bo odkrita še kakšna. So žuželke s popolno preobrazbo, kar pomeni, da razvoj vključuje tudi stadij bube. Ličinke so popolnoma dru-

gačne od odraslih živali in živijo v različnih substratih, večinoma pesku ali v drevesnih luknjah, kjer plenijo manjše členonožce. Odrasli imajo dobro razvita krila, so slabi letalci, dejavni večinoma v mraku in ponoči, čez dan pa mirujejo med rastlinjem. Hitro jih lahko zamenjamo s kačjimi pastirji, od katerih se ločijo po okornejšem in počasnejšem letu ter daljših tipalnicah. Življenjska doba odraslih je približno mesec dni, medtem ko živijo ličinke bistveno dlje, vsaj eno ali dve suhi sezoni, približno leto in pol. Odrasli volčki in njihove ličinke imajo v ekosistemu pomembno vlogo plenilcev. Pomembni so tudi z gospodarskega vidika, saj se na njihovem jedilniku pogosto znajdejo številne pršice, listne uši, kaparji in druge potencialno škodljive žuželke.

Pegasti volkec (Euroleon nostras), odrasli osebek. Foto: Vesna Klokočovnik.





Ličinka volkca z ogromnimi čeljustmi za lov plena. Foto: Vesna Klokočevnik.

Ličinka volkca se v zadnjem stadiju zabubi znotraj okroglastega kokona, ki ga naredi iz tankih niti, na katere se nalepijo peščeni delci. Foto: Jan Podlesnik.



Lov plena in hranjenje

V živalskem svetu poznamo več načinov plenjenja. Nekateri plenilci plenijo svoj plen tako, da ga zasledujejo. Pravimo jim aktivni plenilci. V to skupino uvrščamo na primer pajke skakače, ki zasledujejo svoj plen in ga napadejo, ko je ta dovolj blizu. V drugo skupino uvrščamo tako imenovane sedentarne plenilce s prvinami zasledovanja. Za njih je značilno, da ne zasledujejo plena, temveč nanj čakajo na določenem mestu in se za napad premaknejo proti plenu šele takrat, ko je ta v njihovi bližnji okolici. Takšne so nimfe kačjih pastirjev, ki živijo v vodi. In ne nazadnje obstaja še ena skupina plenilcev, ki jim pravimo sedentarni (»sesilni«) plenilci, pri katerih ni najti nobenih prvin zasledovanja, temveč le čakanje na plen na določenem mestu. V to skupino uvrščamo nam bolj poznane pajke mrežarje, ki za lov plena pletejo mreže, in ličinke volkcev. Nekatere vrste volkcev pa so za lov plena razvile prav posebno strategijo, to je gradnjo pasti.

Plenilsko vedenje, ki vključuje izdelavo pasti, se je razvilo pri nekaj skupinah živali, med katerimi so najbolj znani pajki, nekatere vodne mladoletnice in med dvokrilci črvasti volkci. Običajno živali izločajo posebne snovi za izdelavo pasti, kot so na primer svilene niti pajkov. Nekatere živali, takšni so tudi volkci, pa ne uporabljajo posebnih izločkov, ampak je gradnja pasti povezana le z manipuliranjem materiala, v katerem živijo. Podobno strategijo imajo tudi ličinke črvastih volkcev (*Vermileo vermileo*), ki – kot je že omenjeno – ne sodijo med mrežekrilce, temveč med dvokrilce.

V Sloveniji sta trenutno znani dve vrsti volkcev, ki za lov plena uporabljata pasti, to sta navadni volkec (*Myrmeleon formicarius*) in pegasti volkec (*Euroleon nostras*). Ostale štiri za Slovenijo znane vrste plen lovijo brez pasti. V tem primeru so zakopane tik pod površino substrata, deloma pa so nad površino vidne le čeljusti in sprednji del glave. Ob prisotnosti plena ličinka s če-

Ličinke volkcev v peščeni podlagi izkopljejo pasti za lov manjših členonožcev. Foto: Vesna Klokočevnik.



ljostmi sunkovito zagrabi plen in ga potegne pod substrat. S tem plenu oteži gibanje in prepreči pobeg, hkrati pa se zavaruje pred ugrizi ali nevarnimi izločki plena.

Med vrstami, ki gradijo pasti, in tistimi, ki jih ne, niso le razlike v vedenju, temveč tudi morfološke razlike, torej razlike v zgradbi telesa. Razlik je več, vendar so najbolj očitne razlike v zgradbi čeljusti in legi očes, po katerih lahko prepoznamo, ali gre za lijakarja (vrsto, ki gradi pasti) ali nelijakarja (vrsto, ki ne gradi pasti). Lijakarji imajo čeljusti opremljene s številnimi gostimi in dolgimi ščetinami, ki povečajo njihovo površino in služijo kot nekakšna lopata za lučanje peska med gradnjo. Teh ščetin nelijakarji nimajo oziroma so maloštevilne in kratke. Druga razlika je v namestitvi očes.

Vsako oko sestavlja sedem očesc. Pri nelijakarjih so oči nameščene na očesnih gričkih, verjetno zaradi boljšega pregleda nad okolico, kjer plenijo. Lijakarji tega ne potrebujejo, saj je njihovo vidno polje omejeno s steno pasti. Razlika je tudi v premikanju. Ličinke, ki gradijo pasti, se premikajo zadnjensko, medtem ko se nelijakarji običajno premikajo naprej.

Gradnja pasti

Plenilsko vedenje je pri vrstah, ki gradijo pasti, usmerjeno predvsem v gradnjo in vzdrževanje pasti, saj so oblika, velikost in globina lijaka pomembne lastnosti, ki lahko povečajo ali zmanjšajo možnost ulova plena. Za gradnjo ličinka izbere primerno mesto v svoji okolici. Primerno mesto je odvisno od

Lijakarji (levo) imajo za razliko od nelijakarjev (desno) čeljusti poraščene z večjim številom dolgih ščetin. Ščetine pri nelijakarjih lahko celo manjkajo ali pa so kratke in maloštevilne. Na sliki sta pegasti volkec Euroleon nostras (levo) in Neuroleon microstenus (desno), vrsti, ki ju najdemo tudi v Sloveniji. Foto: Vesna Klokočevnik.





NAKLJUČNO PREMIKANJE



ZAČETEK GRADNJE PASTI



POGLABLJANJE PASTI

več dejavnikov, kot sta na primer zaščita pred dežjem ali ustreznost zrnavost podlage. V preveč grobem substratu ima plen dober oprijem na delcih substrata in lažje pobegne, zato ličinke raje gradijo pasti v finejših substratih. Z iskanjem ustreznega mesta na površini nastane dolga brazda naključne oblike. Naključnemu premikanju sledi začetek gradnje pasti. Ličinka se pri tem ne giblje več naključno, temveč se začne gibati krožno, tako da na površini substrata nastane krog pravilne oblike. V tem krogu nato kroži tako, da se pomika proti sredini, pri tem pa luča pesek iz pasti. Kroži v smeri urinega kazalca ali v nasprotni smeri, lahko pa smer kroženja večkrat spremeni. Med kroženjem postajajo krogi manjši, past lijakaste oblike pa vedno bolj poglobljena. Ob zaključku gradnje ličinka razpre čeljusti in preži na plen, običajno na dnu pasti.

Ličinka lahko v pasti na plen preži dlje časa, tudi več mesecev. Nekatere vrste čakajo v pasti do popolnega izstradanja, medtem ko druge vrste večkrat prestavijo mesto prežanja, past zgradijo drugje in s tem povečajo možnost za ulov. Iz takšne pasti plen zelo težko pobegne, pobeg pa mu oteži tudi ličinka sama, saj med poskusom pobega nanj sunkovito luča pesek, zaradi česar plen zdrsi nazaj proti dnu pasti. Ko ličinka enkrat zagrablji plen, je pobeg dejansko nemogoč. S čeljustmi ga močno uklešči, pri tem pa so ji v pomoč zobci na notranji strani čeljusti. Ličinka skozi cevaste čeljusti izloči strupe, ki plen omrtvičijo, in encime, ki utekočinijo notranjost. Utekočinjeno notranjost nato ličinka poseša, ostane le zunanji skelet plena. Ostanek plena ličinka odstrani tako, da ga s čeljustmi zaluča iz pasti. V nasprotnem primeru bi se ostan-

Nekatere faze gradnje pasti za lov plena.

Foto: Vesna Klokočevnik.

ki plena nakopičili v pasti in past ne bi bila več uporabna za lov.

Volkci so prav zagotovo posebneži v plenilski strategiji. Ne le, da obstajajo vrste, ki gradijo lijake, in tiste, ki jih ne, so tudi take, ki uporabljajo obe strategiji in jim pravimo fakultativni lijakarji. V Avstraliji najdemo še večjega posebneža, to je vrsta *Callistoleon manselli*, ki poleg običajne lijakaste pasti ob njej zgradi izhajajoče radialne brazde, ki spominjajo na žarke in še dodatno povečajo uspešnost v ulovu. Mravlja, ki zaide v brazdo, potuje vzdolž brazde in pa de v past volkcju v čeljusti.

Nekaj zanimivosti, povezanih z volkci

Volkci so bili omenjeni v povezavi z različnimi viri. Mark Twain v knjigi *Prigode Toma Sawyerja* omenja volkce (angleško *doodle-bugs*) v osmem poglavju. V Ameriki volkcem pogovorno pravijo *doodle-bugs*, ker med iskanjem ustreznega mesta za gradnjo lijaka na površini substrata ustvarjajo »čračke« (angleško *doodle*, čračka). Strokovni izraz za volkca v angleškem jeziku je antlion. V slovenskem prevodu romana so »doodle-bugs« omenjeni kot črni hrošči in de-

lu romana, kjer Tom Sawyer najde majhen kos peščene zemlje z lijakasto vdolbinico in zakliče: »Črni hrošč, črni hrošč, daj, povej mi, kar bi rad izvedel! Črni hrošč, črni hrošč, daj, povej mi, kar bi rad izvedel! V pesku se je začelo nekaj premikati, brž nato se je za trenutek pokazal majhen hrošček in se nemudoma prestrašen spet skril ... «

R. Nicoli Aldini in A. Pantaleoni sta leta 2012 objavila članek, kjer omenjata sliko *Zefir in Flora*, ki jo je narisal italijanski baročni slikar Giovanni Battista Tiepolo. Mitološko bitje Zefir na sliki ni upodobljeno z značilnimi angelskimi krili, podobnimi ptičjim, temveč narisana krila spominjajo na krila kačjih pastirjev z velikimi vzorci očes. Vzorci na krilih Zefirja so zelo podobni tistim na krilih volkca iz rodu *Pseudimares*. Zagotovo se ne ve, ali so narisana krila nastala v domišljiji slikarja ali pa so slikarja res navdušila krila volkca.

Glavo ličinke volkca nelijakarja smo uporabili kot logotip Tretjega slovenskega entomološkega simpozija z mednarodno udeležbo, ki smo ga organizirali v Mariboru leta 2012.

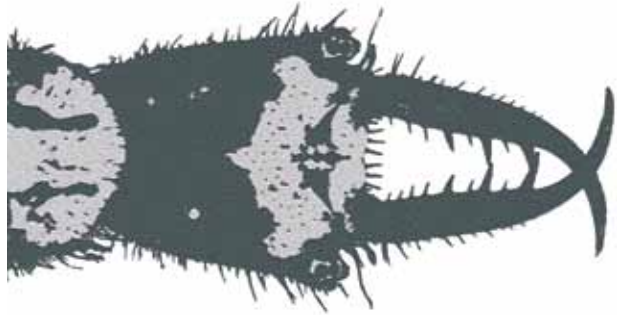
Literatura:

Nicoli Aldini, R., Pantaleoni, A. R., 2012: *Zephyr's wings: Tiepolo's imagination or the antlion Pseudimares*



Izsek slike *Zefir in Flora* slikarja Giovannija Battiste Tiepola z narisanim volkcem iz rodu *Pseudimares*.

Foto: Gabriel Martínez del Mármol Marín.



Logotip 3. slovenskega entomološkega simpozija z mednarodno udeležbo, Maribor 2012.

Avtorica slike (logotipa): Vesna Klokočevnik.

- Kimmins, 1933 (*Neuroptera*, *Myrmeleontidae*) as his model? *Biodiversity Journal*, 3 (2): 132–136.
- Devetak, D., 2008: *Substrate particle size-preference of wormlion Vermileo vermileo (Diptera: Vermileonidae) larvae and their interaction with antlions*. *European Journal of Entomology*, 105: 631–635.
- Klokočovnik, V., Devetak, D., Orlačnik, M., 2012: *Behavioral plasticity and variation in pit construction of antlion larvae in substrates with different particle sizes*. *Ethology*, 118: 1102–1110.
- Klokočovnik, V., Devetak, D. 2014: *Pit-builder vs non-pit-builder: advantage of trap building strategy in antlion larvae does not mean greater behaviour diversity*. *Behaviour*, DOI:10.1163/1568539X-00003156.
- Matsura, T., Kitching, R. L. 1993: *The structure of the Trap and Trap-building Behaviour in Callistoleon manselli New (Neuroptera: Myrmeleontidae)*. *Australian Journal of Zoology*, 41: 77–84.
- Ruxton, G. D., Hansell, M. H., 2009: *Why are pitfall traps so rare in the natural world? Evolutionary Ecology*, 23 (2): 181–186.
3. slovenski entomološki simpozij: <http://3ses.fnm.uni-mb.si/>.
- Vesna Klokočovnik** je leta 2008 dokončala dodiplomski študij na Oddelku za biologijo na Fakulteti za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru.



Na isti fakulteti se je leta 2009 zaposlila kot mlada raziskovalka, kjer je leta 2013 tudi doktorirala. Trenutno je zaposlena na Oddelku za biologijo kot asistentka za zoologijo. Poleg pedagoškega dela sega njeno znanstveno raziskovanje predvsem na področje entomologije. Še posebej poglobljeno se ukvarja z mrežekrilci. Glavna tema njenega raziskovanja je plenilsko vedenje ličink volkcev.

Fizika • Moseley in vrstno število

Moseley in vrstno število

Janez Strnad

V letih 1913 in 1914 je Henry Moseley z rentgenskimi meritvami ugotovil naboj atomskih jeder. Tako je neposredno določil število pozitivnih osnovnih nabojev v atomu in vrstno število, to je mesto elementa v periodnem sistemu. Ob stoletnici začetka prve svetovne vojne Moseleyjeva zgodba utrjuje zavest o nesmislu vojn.

Pred sto leti so o atomih vedeli malo. Leta 1897 so Joseph John Thomson in drugi ugotovili, da v vakuumu električni naboj prenašajo elektroni. To so delci s tisočsemstokrat manjšo maso od mase najlažjega, to je vodikovega atoma, in z negativnim

osnovnim nabojem. Elektroni so sestavni deli atomov, ki so električno nevtralni in vsebujejo tudi pozitivni naboj.

V fizikalnem laboratoriju univerze v Manchesteru, ki ga je vodil Ernest Rutherford, so se tedaj zbirali fiziki z vsega sveta. Rutherford je leta 1908 dobil Nobelovo nagrado za kemijo za raziskovanje radioaktivnosti. Med raziskovanjem prehoda delcev α iz radioaktivnega izvira skozi zelo tanke lističe srebra so opazili, da se nekateri delci odklonijo za velik kot. To je Rutherford leta 1911 pojasnil z *atomskim jedrom* sredi atoma, stotisočkrat manjšim od atoma. V je-

dru sta zbrana ves pozitivni naboj in skoraj vsa masa atoma. Števila pozitivnih osnovnih nabojev v jedru niso poznali. Charles Glover Barkla je meril absorpcijo rentgenskega sevanja v snoveh. Leta 1909 je ugotovil, da telo, ki ga zadene rentgensko sevanje, oddaja tudi rentgensko sevanje, značilno za kemijski element. Odkritje *karakterističnega rentgenskega sevanja* mu je prineslo Nobelovo nagrado leta 1917. Po merjenjih je sklepal, da je število pozitivnih osnovnih nabojev v atomu približno enako polovici relativne atomske mase.

Max von Laue je prišel na misel, da bi atomi v kristalu, urejeno razporejeni po prostoru, na rentgensko sevanje delovali kot uklonska mrežica. Poskus je leta 1912 pokazal, da je rentgensko sevanje elektromagnetno valovanje kot svetloba, le z veliko krajšo valovno dolžino, in da so atomi v kristalih urejeno razporejeni. Laue je dobil Nobelovo nagrado leta 1914. Tedaj se je razmahnilo raziskovanje z rentgensko svetlobo. Henry Bragg je delal poskuse, njegov sin Lawrence Bragg pa je razmišljal o valovanjih, ki izhajajo iz atomov v kristalu, ko ga zadene rentgensko sevanje. Ugotovil je, da se ojači-

jo valovanja, kot da bi se odbila na skupini vzporednih ravnin, ki so v kristalu na gosto zasedene z atomi. Z načinom, ki sta ga razvila Bragga, je bilo mogoče raziskovati kristale (*Sto let Braggovega načina preiskovanja kristalov*, Proteus, 76 (2013/2014), 77-81). Henry in Lawrence Bragg sta dobila Nobelovo nagrado leta 1915.

Rentgensko sevanje je začel raziskovati tudi Henry Moseley. Želja, da bi med zadnjim letom študija v Oxfordu vzporedno delal v Rutherfordovem laboratoriju, se mu ni uresničila. Rutherford pa ga je po diplomi leta 1910 sprejel v laboratorij. Moseley se je izkazal kot sijajen eksperimentalni fizik. Po izjavi sodelavca je delal do »zadnje stopnje izčrpanosti«, pogosto brez prekinitve po petnajst ur na dan. Takoj je razdrl merilno napravo, če se je pokazala priložnost, da bi jo izboljšal. Komaj si je vzel čas za jed in na hrano ni dal veliko. Kosil je sadno solato, večerjal kruh in sir, ob treh ponoči pa je jedel, kar se je tedaj v Manchestru dalo dobiti.

Prvi dve leti je Moseley imel še poučevalske obveznosti. Potem je dobil štipendijo

Henry Gwyn Jeffreys Moseley je bil rojen leta 1887 v Weymouthu na južni obali Anglije. Po srednji šoli je dobil štipendijo za študij na kolidžu Eton. Leta 1906 se je z drugo štipendijo vpisal na univerzo v Oxfordu. Po diplomi je leta 1910 postal član Rutherfordovega laboratorija. Leta 1913 se je vrnil na univerzo v Oxfordu. Leta 1915 je bil ubit v prvi svetovni vojni, star 27 let.



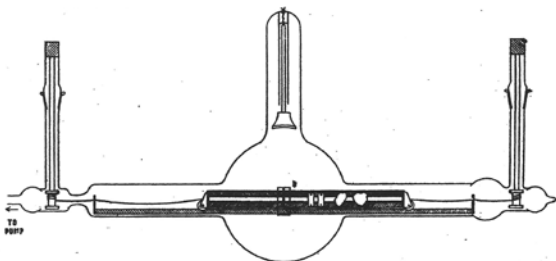
in lahko se je posvetil samo raziskovanjem. Najprej mu je Rutherford naložil delo z radioaktivnostjo. Moseley je ugotovil, da radioaktivno jedro pri vsakem razpadu β odda en delec β , to je elektron. Poleg tega je pripravil še tri članke s tremi sodelavci. Raziskal je tudi, ali je mogoče dobiti visoko napetost z izoliranim radioaktivnim izvrom, ki oddaja elektrone. V osnovi je bila to zamisel »atomske baterije«, kakršne so v novejšem času uporabili kot izvir napetosti na številnih umetnih satelitih in vesoljskih sondah.

Potem je Moseley predlagal, da bi delal poskuse z rentgenskim sevanjem. To je Rutherford najprej odsvetoval, češ da nihče v laboratoriju ne pozna tehnike dela. Nazadnje pa se je le dal prepričati. Moseley je za sodelovanje pridobil mladostnega prijatelja Charlesa Galtona Darwina. Vnuk znamenitega Charlesa Darwina se je v Rutherfordovem laboratoriju ukvarjal s teorijo. Jeseni leta 1912 je Moseley obiskal laboratorij Bragga očeta na univerzi v Leedsu. Tam se je poučil o delu z rentgenskim sevanjem. Kot Bragg sta Moseley in Darwin uporabljala rentgensko cev s platinsko elektrodo. Raziskala sta odboj rentgenske svetlobe na kristalu kamene soli in dveh drugih kristalih. Ozek curek rentgenskega sevanja sta usmerila na kristal, ki sta ga vrtela. Odbito sevanje sta zaznavala z ionizacijsko celico, ki je krožila okoli kristala. Merila sta kot, za katerega se je zasukala celica. Ugotovila sta, da so v odbitem sevanju zastopane vse valovne dolžine na določenem območju, podobno kot v beli svetlobi. Pri izbranih kotih

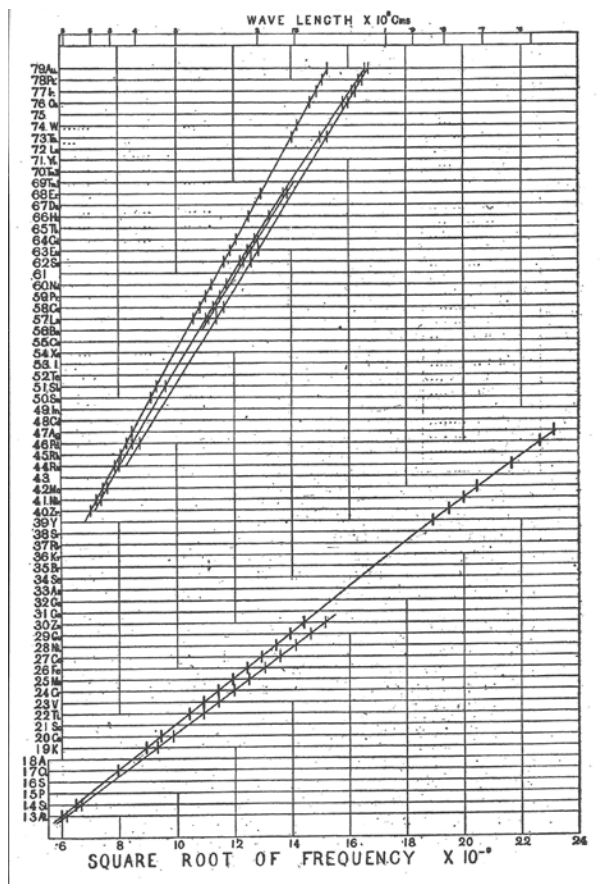
pa so se pojavili močni odboji. To je bilo sevanje z določeno valovno dolžino, ki se je pri izbranih kotih na kristalu ojačeno odbilo. Zaznala sta pet takih sevanj, značilnih za platino. O tem sta poročala v članku *Odboj žarkov X* leta 1913. Poskuse te vrste sta pred njima izvedla Bragga, ki sta ju o svojih uspehih sproti obveščala.

Potem se je Darwin odločil, da se bo ukvarjal s teorijo sipanja rentgenske svetlobe, Moseley pa se je sam lotil merjenj. V rentgensko cev s platinsko elektrodo je vgradil majhne sani, na katerih so bili drug ob drugem pritrjeni majhni kosi različnih snovi. Z nitkama je premikal sani po vodilu tako, da je želeni kos spraval nasproti elektrode. S kristalom je odbito rentgensko sevanje razstavil po valovni dolžini v spekter in spektralne črte fotografiral. To je naredil po vrsti za različne elemente.

Leta 1913 je pravnik in amaterski fizik Antonius van den Broek domneval, da o lastnostih atomov ne odloča atomska masa, ampak *vrstno število*, ki mu pravijo tudi *atomsko število*, to je zaporedna številka elementa v periodnem sistemu. Niels Bohr je leta 1912 tudi delal v Rutherfordovem laboratoriju. Tam je dobil osnovne zamisli, ki jih je uresničil po vrnitvi v København. Leta 1913 je v tridelnem članku obdelal zgradbo atomov in molekul. Pozneje je tega leta obiskal Rutherfordov laboratorij in se o van den Broekovi domnevi pogovarjal z Moseleyjem, s katerim sta se dobro poznala. Bohr in drugi so bili prepričani, da domneva drži. Moseley pa je rekel: »Bomo videli.« Name-



V svoji rentgenski cevi je Moseley z nitkama premikal sani s kosi različnih elementov. Zgoraj je elektroda iz platine. Na levi je bila cev priključena na vakuumsko črpalko, ki je delovala neprekinjeno. Iz Moseleyevega drugega članka.



V diagramu je Moseley na navpično os nanesele zmanjšano vrstno število in na vodoravno os spodaj kvadratni koren iz frekvence v enotah $10^8 \text{ s}^{-1/2}$, zgoraj pa ustrezno valovno dolžino

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

v enotah 10^{-8} cm , to je $0,1 \text{ nm}$. Od spodaj navzgor so vrisane odvisnosti za črte K_{α} , K_{β} , L_{α} , L_{β} , L_{ϕ} in L_{γ} . Iz Moseleyevega drugega članka.

nil se je domnevo neposredno preizkusiti. Leta 1913 je v članku *Visokofrekvenčni spektri elementov* objavil izide merjenj z desetimi elementi - od kalcija do cinka. Izidi so domnevo razločno podprli. Valovna dolžina najizrazitejših karakterističnih spektralnih črt se je spreminjala preprosto. Tako je neposredno ugotovil število pozitivnih osnovnih nabojev v jedru atomov. Leta 1914, pred sto leti, je pri natančnejšem merjenju zajel šestinšestdeset elementov od aluminija do zlata in izide objavil v drugem delu članka.

Tako se je pokazalo, da mesta elementa v periodnem sistemu ne določa atomska masa, ampak število pozitivnih osnovnih nabojev v jedru, vrstno število Z . To je pojasnilo, zakaj so kemiki postavili kobalt z $Z = 27$

pred nikelj z $Z = 28$, čeprav ima kobalt za malenkost večjo atomsko maso. Podobno je bilo z argonom z $Z = 18$ in kalijem z $Z = 19$ ter s telurjem z $Z = 52$ in jodom z $Z = 53$. Opazil je, da manjka sedem elementov z vrstnimi števili: 43, 61, 72, 75, 85, 87, 91. Za nekatere je ugotovil to že Mendelejev. Protaktinij ($Z = 91$) so odkrili leta 1917, hafnij ($Z = 72$) leta 1923 in renij ($Z = 75$) leta 1925. Ti elementi so zelo redki. Tehnecij ($Z = 43$) so odkrili leta 1937, francij ($Z = 87$) leta 1938, astat ($Z = 85$) leta 1940 in prometij ($Z = 61$) leta 1945. Ti elementi so radioaktivni z razmeroma kratkim razpolovnim časom. Nekatere od njih so pridobili z jedrsko reakcijo.

Jeseni leta 1914 je Moseley nameraval sodelovati na znanstvenem sestanku v Avstraliji. Tja je potoval skupaj z materjo. Za izbruh vojne je izvedel na ladji. Po prihodu v Avstralijo je odpovedal udeležbo na sestanku in se vrnil v Anglijo. Prijavil se je kot prostovoljec, čeprav so mu to odsvetovali. Javil se je h kraljevim inženircem, ki so ga najprej odklonili, češ da potrebujejo inženirje in ne fizikov. Po zvezah je dosegel, da so ga vseeno sprejeli. Potem se je premislil in si - zaman - prizadeval, da bi ga premestili k letalstvu. Kot častnik za zveze je načeloval enoti v pohodu na Dardanele. Avgusta leta 1915 ga je na Galipoliju v glavo zadela kro-

gla turškega ostrostrelca. Bil je star 27 let. Isaac Asimov je zapisal, da je glede na to, kar je dosegel, »njegova smrt utegnila biti za celotno človeštvo najdražja posamezna smrt v vojni«. Verjetno bi Moseley dobil Nobelovo nagrado, kot so jo dobili Laue, oče in sin Bragg ter Barkla. O Moseleyjevi smrti so veliko pisali. Potem je angleška vlada poskrbela, da se znani in obetavni raziskovalci ne morejo prostovoljno javiti v vojaško službo na fronti.

Ozadje

Bohr je gibanje edinega elektrona v atomu vodika opisal z novim, kvantnim prijemom. Pojasnil je energijska stanja vodikovega atoma in prehode s sevanjem med njimi. Izpeljal je enačbo za valovno dolžino pri prehodih med stanji atoma vodika, ki so jo že prej izluščili iz merjenj:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right), \quad \frac{1}{\lambda_0} = \frac{m e_0^4}{8 \epsilon_0^2 h^3 c}, \quad \lambda_0 = 91,2 \text{ nm.}$$

Nanometer, nm, je milijardina metra. m je masa elektrona, e_0 osnovni naboj, ϵ_0 električna (influenčna) konstanta, c hitrost svetlobe in h Planckova konstanta. n' zaznamuje začetno stanje, n pa končno stanje. $n = 1$ je osnovno stanje, $n = 2$ prvo vzbujeno stanje, $n = 3$ drugo vzbujeno stanje ... Pri prehodu iz prvega vzbujenega stanja v osnovno je

$$\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} = \frac{3}{4},$$

tako da je valovna dolžina

$$\frac{4\lambda_0}{3} = 121,6 \text{ nm.}$$

Pri prehodu iz drugega vzbujenega stanja v prvo vzbujeno stanje je $\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} = \frac{5}{36}$, tako da je valovna dolžina

$$\frac{36\lambda_0}{5} = 656,6 \text{ nm.}$$

Za atome z vrstnim številom Z , ki jim razen enega odtrgajo vse elektrone, velja za $\frac{1}{\lambda}$ zapisana enačba, če desno stran pomnožimo z Z^2 . (Sila med nabojema e_0 in e_0 je sorazmerna z e_0^2 , sila med nabojema e_0 in Ze_0 pa je sorazmerna z Ze_0^2 .) Najrazritejšo rentgensko spektralno črto K seva atom, ko hitri elektron ali rentgenska svetloba izbije iz njega najmočnejše vezani elektron v stanju $n = 1$, z rentgensko oznako K, in nastalo vrzel izpolni elektron iz vzbujenega stanja $n = 2$, z rentgensko oznako L. V atomu sta najmočnejše vezana dva elektrona in drugi elektron zastira naboj jedra, zato je treba Z zmanjšati za 1, torej:

$$\frac{1}{\lambda_K} = \frac{3}{4} \frac{(Z-1)^2}{\lambda_0}.$$

Valovna dolžina se v primerjavi s sevanjem vodikovega atoma $(Z - 1)^2$ -krat zmanjša in iz območja vidne svetlobe premakne na rentgensko območje. Če nastane vrzel v stanju $n = 2$

in jo izpolni elektron iz stanja $n = 3$, z rentgensko oznako M, velja enačba:

$$\frac{1}{\lambda_L} = \frac{5}{36} \frac{(Z-7,4)^2}{\lambda_0}$$

($n = 2$ ustreza $2n^2$, to je 8, stanj. Naboj jedra zastira tedaj osem elektronov. Pokazalo se je, da merjenje bolje opiše manjše število 7,4.) Zapisani enačbi veljata za črti K_α in L_α . Moseley je zaznal več črt. Črta K_β nastane, ko vrzel v stanju $n = 1$ izpolni elektron iz stanja $n = 3$... Podobno nastanejo druge črte L, ko vrzel v stanju $n = 2$ izpolni elektron iz stanja $n = 4$... Odvisnost valovne dolžine od vrstnega števila je Moseley dobro opisal, ko je po izkušnjah prilagodil konstante. Pri natančnejšem merjenju valovne dolžine se je pozneje pokazalo, da na primer črto K_α sestavljata črti $K_{\alpha 1}$ in $K_{\alpha 2}$. To je pojasnila kvantna mehanika po odkritju spina elektrona.

»V zadnjih štirih dneh sem dobil spekter tantala, kroma, mangana, železa, niklja, kobalta in bakra in del spektra srebra. Glavni rezultat je, da dajo vsi elementi spekter enake vrste. Rezultat za katero koli kovino je lahko uganiti iz rezultatov za druge. To kaže, da so v notranjosti vsi atomi zelo podobni, in po teh rezultatih bo mogoče ugotoviti, iz česa so narejene notranjosti atomov.«

H. Moseley v pismu materi novembra leta 1913

Literatura:

Heilbron, J. L., 1966: *The work of H. G. J. Moseley*.

Isis, 57: 336–364.

Moseley, H. G. J., 1913: *The high frequency spectra of the elements*. *Philosophical Magazine*, 26: 1024–1034.

Moseley, H. G. J., 1914: *The high frequency spectra of the elements, Part II*. *Philosophical Magazine*, 27: 703–713.

Varfarin: od strupa za podgane do učinkovitega zdravila • Medicina

Varfarin: od strupa za podgane do učinkovitega zdravila

Nejc Pavšič

Varfarin je zdravilo iz skupine zaviralcev (antagonistov) vitamina K in ga uporabljamo kot oralno zdravilo proti strjevanju krvi (antikoagulacijsko zdravilo). Njegovo delovanje se že šestdeset let s pridom uporablja pri preprečevanju nastajanja in zdravljenju krvnih strdkov (tromboz in trombemboličnih bolezni). Še pred prvo klinično uporabo so ga množično in uspešno uporabljali kot sestavino strupa za podgane. Z njegovim odkritjem in klinično uporabo je povezanih več zgodb, ki razkrivajo leta raziskovanj, naključij in prilog, ki so bila potrebna, preden je varfarin postal tako pomembno zdravilo, kot ga poznamo danes.

Uvod

Klinična uporaba varfarina se je pričela leta 1954, a zanimiva zgodba njegovega odkritja se začne že leta 1933 v Wisconsinu v Združenih državah Amerike (Link, 1959). V biokemijskem laboratorju tamkajšnje univerze je tega leta ravno začel delati dr. Karl Paul Link, biokemik, specializiran za področje agrikulturne kemije.

Dr. Link je diplomiral in doktoriral iz agrikulturne kemije na univerzi v Wisconsinu. V svojem podoktorskem študiju se je izobraževal v Evropi, med drugim tudi pri slavnem kemiku in zdravniku slovenskega rodu Fridriku Preglu v Gradcu (Copeland, Six, 2009).



Dr. Karl Paul Link (1901-1978) v laboratoriju.

Skrivnost medene detelje

Na sneženo februarско nedeljo leta 1933 je v laboratorij dr. Linka prišel zaskrbljeni kmet Ed Carlson. Že več njegovih krav, ki jih je hranil s senom medene detelje, je v zadnjih tednih poginilo zaradi notranjih krvavitev. Kot dokaz je s seboj pripeljal preminulo telico, veliko plesnivega sena medene detelje ter kozico kravje krvi. V nevarnosti je bilo, da mu bo kmalu poginil še preostanek njegove črede (Link, 1959).

Medena detelja (latinsko *Melilotus officinalis* in *Melilotus alba*), ki so jo iz Evrope v Ameriko in Kanado prinesli okoli leta 1920, je tedaj predstavljala pomembno živinsko kremo. Vendar so se hkrati z uvedbo medene detelje pričele pri živalih pojavljati tudi hude, spontane krvavitve (hemoragije). Iz Kanade so celo poročali o epidemiji notranjih

krvavitev pri živini. Povezavo med medeno deteljo in hemoragičnim obolenjem živine je prvi opisal veterinar Frank Schofield leta 1924. Dokazal je, da bolezen povzroča le nepravilno skladiščena, že delno plesniva medena detelja. Hkrati je ugotovil, da sama plesen (vrste *Aspergillus*) na medeni detelji ni vzrok za krvavitev živali (Schofield, 1924). Veterinar Roderick je nato leta 1931 dokazal, da pri prizadeti živini pride do pomanjkanja dejavnika strjevanja krvi - protrombina, a natančnega vzroka temu pomanjkanju ni uspel odkriti. Zaradi hranjenja z oporečnim, plesnivim senom je žival po 30 do 50 dneh poginila zaradi notranjih krvavitev. Edini rešitvi sta bili prenehanje hranjenja živali z oporečnim plesnivim senom in transfuzija krvi pri obolelih živali (Schofield, 1924; Roderick, 1931). To je bil tudi edini nasvet, ki ga je takrat dr. Link lahko svetoval ubogemu kmetu.

Dr. Link in njegova ekipa sta pod močnim vtisom tragičnih obolenj začela spreminjati tok zgodovine. Posvetili so se raziskavam in iskali odgovor, zakaj oporečna, plesniva medena detelja povzroča krvavitve ter katera hemoragična učinkovina je za to odgovorna. Učinek plesnive medene detelje so začeli preiskovati na poskusnih zajcih, a raziskave so potekale počasi. Izolirali so mnogo neaktivnih učinkovin in pravi uspeh dosegli šele leta 1939, po šestih letih raziskovanj. Sodelavec Dr. Linka, Harold Campbell, je 26. junija leta 1939 odkril učinkovino 3,3'-metilenbis-[4-hidroksikumarin] (Link, 1959). Poimenovali so jo dikumarol ter dokazali njeno hemoragično aktivnost.

Dikumarol nastane v plesnivem senu medene detelje s spremembo kumarina v procesu, v katerem je nujna prisotnost plesni (Mueller, Scheidt, 1994). Kumarin je nenevarna učinkovina, ki ne povzroča krvavitev ter daje medeni detelji njen značilen sladek vonj in grenak okus. Skrivnost medene detelje je bila tako rešena, a pot se za dr. Linka in njegovo ekipo z odkritjem dikumarola še ni končala.



Medena detelja (latinsko Melilotus officinalis in Melilotus alba) vsebuje kumarine, ki ji dajejo značilen sladek vonj in grenak okus. V oporečni, plesnivi medeni detelji iz kumarina nastane dikumarol, hemoragična učinkovina, ki povzroča notranje krvavitve in pogin živine.

Uspešen rodenticid

Po uspešni umetni sintezi dikumarola so v prihodnjih letih sintetizirali še več kot sto dikumarolu podobnih učinkovin. Hkrati so raziskovali tudi delovanje dikumarola. Ugotovili so, da dikumarol ne učinkuje takoj. Zaposneli učinki delovanja so bili vidni šele čez 12 do 24 ur. Prav tako so ugotovili, da se vse preiskovane živali niso enako odzvale na učinek dikumarola. Najbolj občutljive za njegovo delovanje so bile podgane in miši, najmanj pa krave, kokoši in zajci. Poleg tega so že takrat ugotovili, da imata pomemben vpliv na delovanje dikumarola vsebnost vitamina K in C v prehrani ter delovanje ledvic in jeter. Dr. Link je opisal tudi podobnost strukture dikumarola in vitamina K ter do-

kazal, da vitamin K zavre učinek dikumarola (Link, 1958).

Zaradi učinka na strjevanje krvi so dikumarol leta 1942 začeli uporabljati v kliničnih poskusih. V teh testiranjih so potrdili delovanje dikumarola ter hkrati potrdili trditve dr. Linka in sodelavcev, da je vitamin K uspešen zaviralec (antagonist) delovanja dikumarola. Med letoma 1941 in 1946 je bilo objavljenih več člankov o njegovi klinični uporabi v preprečevanju nastajanja in zdravljenju krvnih

strdkov. Dikumarol so postavljali ob bok heparinu, glavnemu antikoagulacijskemu zdravilu tistega časa. Heparin sta že leta 1916 odkrila William H. Howell in njegov študent Jay McLean. Je eno izmed najstarejših zdravil, ki se še danes uspešno uporablja v klinični praksi (Mueller, Scheidt, 1994). Zatem je leta 1945 prišlo do velikega preobrata. Dr. Link je zbolel zaradi reaktivacije tuberkuloze in v času zdravljenja ponovno pregledal vse laboratorijske ugotovitve njihovih preteklih raziskav. Na podlagi poskusov na podganah se je odločil, da se nadaljnje raziskave osredotočijo na uporabo analogov dikumarola kot strupa za podgane (rodenticida). Sledila so še dodatna testira-

nja nekaterih dikumarolu podobnih učinkovin na podganah, od katerih sta dve po svojih lastnostih izstopali (učinkovina št. 42 in 63). Leta 1948 se je začela raziskovalna uporaba učinkovine št. 42 pod okriljem organizacije *Wisconsin Alumni Research Foundation* (WARF). Substanco so poimenovali warfarin (varfarin), kar je izpeljanka iz kratic organizacije »warf« ter končnice »arin« iz besede kumarin. Deloval je zelo učinkovito in je kmalu postal najbolj prodajan rodenticid na svetu (Link, 1959).

količine varfarina je dokazal, da varfarin ni premočan za ljudi. V šestih dneh je namreč zaužil 567 miligramov varfarina, kar je petdesetkrat več od današnjega običajnega dnevnega odmerka varfarina kot zdravila. Po zdravljenju z dvema injekcijama vitamina K ter dvema transfuzijama je vojak preživel brez posledic (Holmes, Love, 1952). Ta (ne)srečni dogodek je sprožil raziskave, ki so potrdile, da varfarin ni premočan za ljudi. Ima celo boljše klinične lastnosti kot dikumarol, saj ima hitrejši začetek delovanja in



Močnejši analog dikumarola, ki so ga poimenovali varfarin, so leta 1948 začeli prodajati kot rodenticid. Zaradi izredne uspešnosti je kmalu postal najbolj prodajana rodenticid na svetu.

Predsednikovo zdravilo

Do prve klinične uporabe varfarina so minila še nadaljnja tri leta. Že leta 1950 je dr. Link poskušal prepričati zdravnike za klinično uporabo varfarina (Link, 1959). Ti so bili mnenja, da je varfarin premočan za uporabo na ljudeh, poleg tega pa niso bili ravno navdušeni nad uporabo strupa za podgane na njihovih bolnikih. A vse to se je spremenilo 5. aprila leta 1951. Neuspešni poskus samomora vojaka z zaužitjem velike

pet- do desetkrat močnejši učinek. Dovoljenje za klinično uporabo je varfarin dobil leta 1954 in že naslednje leto je bila objavljena prva klinična študija, ki je potrdila njegovo učinkovitost pri zdravljenju bolnikov z globoko vensko trombozo oziroma bolnikov po srčnem infarktu (Pollock, 1955).

Eden izmed prvih bolnikov, zdravljenih z varfarinom, je bil Dwight D. Eisenhower, takratni predsednik Združenih držav Amerike (Mueller, Scheidt, 1994). Predsednik je leta 1955 med obiskom svojcev v Denverju doživel hud srčni infarkt v območju sprednje stene levega prekata srca. Zaradi infarkta se je razvila balonasta razširitev oziroma ane-

vrizma levega prekata. V anevrizmah pogosto nastanejo krvni strdki (trombi), zato so preventivno uvedli zdravljenje z varfarinom. Po zdravljenju si je Eisenhower opomogel, zmagal še na enih predsedniških volitvah ter živel do leta 1969. Uporaba in uspeh varfarina pri zdravljenju predsednika sta še dodatno prepričala zdravnike ter javnost o uspešnosti uporabe »strupa za podgane« kot učinkovitega zdravila.

Varfarin danes

Po letu 1955 je uporaba varfarina strmo narasla in kmalu je postal najbolj uporabljano antikoagulacijsko zdravilo na svetu (Wardrop, Keeling, 2008). Natančni mehanizem delovanja varfarina so odkrili šele leta 1978 (Whitton s sod., 1978; Bell, 1978). Varfarin deluje kot kompetitivni zaviralec (inhibitor) encima vitamin K epoksid reduktaza. Z zaviranjem tega encima varfarin zmanjša sintezo več pomembnih dejavnikov strjevanja krvi (koagulacijski dejavniki), zato se raven strjevanja krvi zmanjša (antikoagulacijski učinek).

Zaradi teh lastnosti se varfarin še danes uspešno uporablja pri dolgotrajnem antikoagulacijskem zdravljenju, predvsem pri preprečevanju in zdravljenju venskih tromboembolizmov (globoka venska tromboza, pljučna embolija), strdkov, ki nastanejo v venskem sistemu. Poleg tega ga uporabljajo tudi za preprečevanje možganske kapi in ostalih tromboemboličnih dogodkov pri bolnikih z migetanjem preddvorov srca (atrijska fibrilacija), pri bolnikih z mehaničnimi umetnimi srčnimi zaklopkami ter nekaterimi drugimi srčnimi motnjami.

Velika pomanjkljivost varfarina je ozko terapevtsko okno, zato morajo ti bolniki imeti redne laboratorijske kontrole v specializiranih antikoagulantnih ambulantah, večinoma enkrat mesečno. V teh ambulantah bolnikom na podlagi merjenja protrombinskega časa, ki ga izražamo v mednarodnem umerjenem razmerju (angleško *International Normalised Ratio, INR*), povedo, kako urejeno

je njihovo zdravljenje z varfarinom (Košnik, Mrevlje, Štajer in sod., 2011). Ciljno območje INR je pri večini bolnikov od 2,0–3,0, pri vrednostih, manjših od 2,0, so bolniki nagnjeni k strjevanju krvi (premajhen učinek varfarina), pri vrednostih nad 4,0 pa h krvavitvam (prevelik učinek varfarina). Ob odstopanjih vrednosti INR se zdravljenje z varfarinom prilagodi. Pomankljivost varfarina so tudi številne interakcije s hrano in drugimi zdravili.

Te pomanjkljivosti poskušajo odpraviti danes dostopna nova oralna antikoagulacijska zdravila (na primer *rivaroxaban, dabigatran, apixaban*), ki pomenijo alternativo zdravljenju z varfarinom. Glede na do sedaj znane klinične raziskave so ta zdravila vsaj tako učinkovita kot varfarin (Miller, Grandi, Shimony, s sod., 2012). Čas in rezultati nadaljnjih raziskav bodo pokazali, kakšna bo vloga varfarina v dobi novih antikoagulacijskih zdravil.

Zaključek

Usodni obisk obupanega kmeta leta 1933 je dr. Linka in njegovo ekipo usmeril v večletno raziskovanje, ki jih je za vedno zapisalo v zgodovino medicine. Varfarin že 60 let predstavlja temelj oralnega antikoagulacijskega zdravljenja in ostaja kljub odkritju novih antikoagulacijskih zdravil pomembno zdravilo tudi danes.

Literatura;

- Link, K. P., 1959: *The discovery of dicumarol and its sequels. Circulation*, 19: 97–107.
- Copeland, C. E., Six, C. K. 2009: *A Tale of Two Anticoagulants: Warfarin and Heparin. Journal of Surgical Education*, 66: 176–181.
- Schofield, F. W., 1924: *Damaged sweet clover: the cause of a new disease in cattle simulating haemorrhagic septicemia and blackleg. Journal of the American Veterinary Medical Association*, 64: 553–575.
- Roderick, L. M., 1931: *A problem in the coagulation of blood: »sweet clover disease of cattle«; North Dakota Agricultural Experimental Station. The American Journal of Physiology*, 96: 413–425.

- Mueller, R. L., Scheidt, S., 1994: *History of drugs for thrombotic disease. Discovery, development, and directions for the future. Circulation*, 89: 432–449.
- Holmes, R. W, Love, J., 1952: *Suicide attempt with warfarin, a bishydroxycoumarin-like rodenticide. The Journal of the American Medical Association*, 148: 935–937.
- Pollock, B. E., 1955: *Clinical experience with warfarin (coumadin) sodium, a new anticoagulant. The Journal of the American Medical Association*, 159: 1094–1097.
- Wardrop, D., Keeling, D., 2008: *The story of the discovery of heparin and warfarin. The British Journal of Haematology*, 141: 757–763.
- Whitlon, D. S., Sadowski, J. A., Suttie, J. W., 1978: *Mechanism of coumarin action: significance of vitamin K epoxide reductase inhibition. Biochemistry*, 17: 1371–1377.
- Bell, R. G., 1978: *Metabolism of vitamin K and prothrombin synthesis: anticoagulants and the vitamin K-epoxide cycle. Federation proceedings*, 37: 2599–2604.
- Košnik, M., Mrevlje, F., Štajer, D., s sod., 2011: *Učbenik za Interna Medicina. Littera picta. Ljubljana: Slovensko medicinsko društvo. 344–347.*
- Miller, C. S., Grandi, S. M., Shimony, A., Filion, K. B., Eisenberg, M. J., 2012: *Meta-Analysis of Efficacy and Safety of New Oral Anticoagulants (Dabigatran, Rivaroxaban, Apixaban) Versus Warfarin in Patients With Atrial Fibrillation. The American Journal of Cardiology*, 110: 453–460.



Predstavitelj avtorja:

Nejc Pavšič se je rodil 13. oktobra leta 1988 v Kranju ter obiskoval osnovno šolo in gimnazijo v Škofji Loki. Že od nekdaj so ga zanimale naravoslovne vede in zgodovina, zato je več let nabiral ter zbiral fosile in minerale. Želja po naravoslovju ga je vodila k vpisu na Medicinsko fakulteto v Ljubljani. Med študijem se je navdušil predvsem nad področjem interne medicine, učenje pa si je večkrat popestril z zgodbami iz zgodovine medicine, kakršna je tudi zgodba o zgodovini varfarina. V prostem času rad bere, se ukvarja s športom (zadnja leta je navdušen deskar na valovih) in potuje.

Nevrologija • Železo zdravi nespečnost, ki jo povzroča sindrom nemirnih nog

Železo zdravi nespečnost, ki jo povzroča sindrom nemirnih nog

Andrej Gogala

Nespečnost je pogosta motnja spanja, ki prizadene velik delež prebivalstva. Približno tretjina ljudi vsaj občasno poroča o simptomih nespečnosti in 10 do 12 odstotkov jih izpolnjuje merila za to diagnozo. V pozni odraslosti se delež poveča na 20 odstotkov (Štukovnik in Dolenc Grošelj, 2013). Zaradi nespečnosti so ljudje zaspani in utrujeni čez dan, pogosto potrti (depresivni), zmanjša se jim odpornost, dolgoročno se zdravje lah-

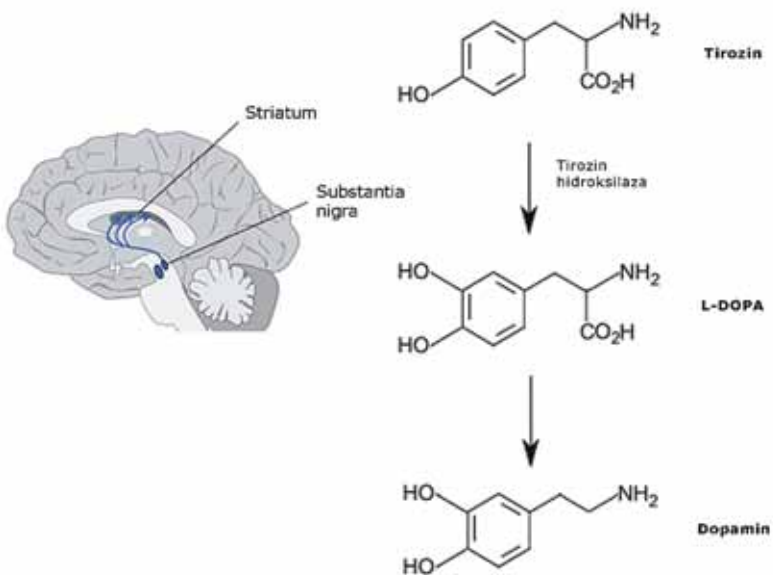
ko usodno poslabša. Vzroki za nespečnost so raznovrstni, simptome pa delimo na težave z usnavanjem, vzdrževanjem spanja in prezgodnjim prebujanjem ter neosvežilnim spancam.

Tudi sam sem imel večkrat obdobja, ko sem le s težavo zaspal, težava se je še posebej zaostila leta 2007. Zaradi trzanja nog in občutka živčnega nemira, ki je temu sledil,

nisem mogel zaspati. Čez dan nisem čutil nobenih težav, takoj ko sem se ulegel in umiril, pa so mi trznile noge v nehotenem gibu, kar je spremljal tudi živčni nemir, ki me je povsem prebudil. Tega leta sem bil zaradi končne ledvične odpovedi že 28 let redno na dializi, pri kateri se kri očisti presnovnih produktov. Ob razgradnji aminokislin, ki so gradniki beljakovin, nastajajo dušikove spojine, amonijevi ioni (NH_4) in amonijak (NH_3), ki so toksični, zato se v jetrih pretvarjajo v sečnino, ki se pri zdravih ljudeh izloča skozi ledvice. Pretvorba v sečnino je ravnotežen proces, zato je v krvi vedno tudi nekaj amonijaka (Narasimhan in sod., 2001). Z naraščanjem skupne količine dušikovih spojin se povečuje tudi količina amonijaka. Po odpovedi ledvic je treba izločiti dušikove spojine iz krvi z osmozo v aparatu za dializo. Kljub zdravljenju imajo bolniki povišano količino teh snovi, ki se kopičijo v času med dializami. Amonijak je posebej strupen za možgane. Povzroča težave v razmišljanju, tresenje, poslabša usklajenost gibov, sproža epileptične napade, sledita lahko nezavest in smrt (Rangroo Thrane

in sod., 2013). Trzanje mojih nog bi bila lahko posledica zastrupitve z amonijakom, zlasti zato, ker amonijak težave povzroča s povečanim vnosom kalija v živčne celice, kar poveča njihovo vzdražljivost. Tudi kalija imamo dializni bolniki v času med dializami preveč.

Po uvedbi učinkovitejše dialize so težave izginile, vendar so se obdobja nespečnosti kasneje ponovila, čeprav večinoma brez trzanja nog. Opazil sem, da težave izginejo, potem ko dobim preparat železa v kri. Tega je dializnim bolnikom pogosto treba dodajati, ker so slabokrvni. Pri meni, ki slabokrvnosti nimam, je dodajanje železa tako dvignilo količino hemoglobina, da smo se bali strjevanja krvi in zamašitve žil. Zalog železa pa sem imel zelo malo. Ko se mi je po operaciji, med katero sem izgubil nekaj krvi, zmanjšal hemoglobin, sem že vedel, da bom imel težave s spanjem. Prebedel sem cele noči, dokler izvidi niso pokazali hudega pomanjkanja železa in sem ga dobil v kri. Nočna živčnost je izginila in spanje se je povrnilo. Pravilna diagnoza mojih težav s spanjem je sindrom nemirnih nog.



Lege črnega jedra v možganih in odrastkov dopaminskih nevronov, ki vodijo v striatum (levo). Desno sinteza dopamina iz aminokislina tirozina.

To je pogost, a slabo poznan pojav, ki ga redko pravilno prepoznajo in zdravijo. V splošni populaciji se pojavlja pri 5 do 25 odstotkih posameznikov. Dvakrat pogostejši je pri ženskah, s starostjo se njegova pogostost povečuje (Patrick, 2007). Sindrom nemirnih nog je lahko prirojen ali pridobljen. Za prvega velja, da naj bi nastal zaradi prirojenih napak v presnovi živčnega prenašalca dopamina. Za drugega je značilno pomanjkanje železa in je pogost pri nosečih ženskah in bolnikih s končno ledvično odpovedjo na dializi. Med nosečnostjo se potrebe po železu povečajo za tri- do štirikrat, zato je pomanjkanje železa takrat zelo pogosto. Sindrom nemirnih nog opredeljujejo občutki nemira, srbenja, mravljinčenja, zbadanja v nogah, ki silijo v premikanje nog in se pojavijo med počitkom, ne glede na položaj telesa. Neprijetni občutki izginejo takoj po začetku gibanja. Odvisni so od dnevnega časa, stanje se poslabša zvečer in se izboljša proti jutru. Občasni nehoteni gibi nog med spanjem pogosto spremljajo sindrom in povzročajo zbujanja, niso pa vedno prisotni. Sindrom nemirnih nog je četrti najpomembnejši vzrok nespečnosti in nespečnost je tista, zaradi katere ljudje s tem sindromom pridejo k zdravniku. Stopnja nespečnosti je lahko zelo izrazita, učinkovitost spanja se zmanjša za polovico.

Simptomi sindroma nemirnih nog so bili prvič opisani leta 1685, poimenovanje pa je uvedel Karl Axel Ekbohm leta 1945 (Thorpe in sod., 2011). Vzroke in način nastanka tovrstnih motenj živčevja kljub temu še zelo slabo poznamo. Da so za težave krive motnje v presnovi živčnega prenašalca dopamina, sklepajo zato, ker zdravljenje z agonisti dopamina (snovi z enakim učinkom, kot ga ima dopamin) izboljšajo simptome sindroma že prvi dan po uporabi in v mnogo manjših odmerkih, kot na primer opioidi, ki so učinkoviti le v odmerku, ki se uporablja tudi za preprečevanje bolečin. Toda dolgotrajno zdravljenje z dopaminskimi agonisti se ne obnese, saj prihaja do ponovnega pojava

simptomov v veliko hujši obliki.

Povezavo med tkivnim pomanjkanjem železa in sindromom nemirnih nog je prepoznal Nordlander leta 1953. Paciente, tudi take brez anemije, je zdravil z dodajanjem železa v kri in dosegel popolno odsotnost simptomov, ki je trajala več mesecev, pri 21 od 22 bolnikih (Allen, 2004). Vsa zdravstvena stanja, pri katerih je prisotno pomanjkanje železa, povečujejo tveganje za pojav sindroma nemirnih nog in vsa stanja, pri katerih se pogosto pojavlja ta sindrom, vključujejo težave s presnovo železa. Železo je nujno potrebno za prenos kisika s krvjo, oksidativno presnovo in celični imunski odziv (Muñoz in sod., 2009). V telesu 70 kilogramov težkega moškega ga je približno 3,5 grama. Največ ga je vezanega v hemoglobin v rdečih krvnih celicah, 10 odstotkov ga vsebujejo mišice (mioglobin), v encimih in citokromih drugih tkiv ga je 350 miligramov. Nekaj ga hranijo tudi jetra, makrofagi in kostni mozeg.

Živčne celice v možganih, ki izločajo dopamin, uravnavajo mnoge pomembne dejavnosti, vključno z razmišljanjem, čustvanjem, gibanjem, lakoto in zadovoljitvijo ter izločanjem hormonov (Pivonello in sod., 2007). Dopamin deluje z vezavo na receptorje za dopamin, ki jih je pet vrst, a jih v grobem delimo v dve skupini. D1-podobni receptorji v tarčni celici večinoma delujejo spodbujevalno, medtem ko D2-podobni zavirajo dejavnost živčnih celic. Največ dopaminskih živčnih celic ima telesa v možganskem deblu, predvsem v temno obarvanem jedru, imenovanem substantia nigra (črna snov). Mnoge celice v tem jedru so obarvane z barvilom nevro melanin, ki se nahaja v avtofagnih vakuolah (Sulzer in sod., 2008). Barvilo je zelo podobno melaninu, ki daje barvo naši koži. Nastaja z oksidacijo in polimerizacijo dopamina in v svojo strukturo veže železo in druge kovine ter celo nekatere pesticide. Zato domnevajo, da celice varuje pred škodljivimi učinki teh snovi (Zecca in sod., 2001). Tudi prosto železo je za

celice škodljivo, ker povzroča nastanek prostih radikalov, zato je večinoma vezano na beljakovine. V celicah je zaloga železa vezana v beljakovini feritinu, za prenos železa v tkiva pa skrbi transferin.

Ker zdravljenje z agonisti dopamina izboljša simptome sindroma nemirnih nog, dodajanje antagonistov (snovi, ki preprečijo učinke dopamina) pa jih poslabša, so domnevali, da motena tvorba dopamina v živčnih celicah povzroča pomanjkanje tega živčnega prenašalca. Ker je železo potrebno za delovanje encima tirozin hidroksilaze, so domnevali, da pomanjkanje železa prepreči pretvorbo aminokislina tirozina v L-dopa, ki se nato pretvori v dopamin. Toda raziskave možganov pomanjkanja dopamina niso dokazale. Število dopaminskih celic se ne zmanjša, v nasprotju s Parkinsonovo boleznijo, pri kateri odmiranje dopaminskih celic povzroča tresenje in zmanjšano gibljivost. Raziskave možganov umrlih bolnikov s prirojenim sindromom nemirnih nog, celične kulture in živali s pomanjkanjem železa so dokazale močno povišano dejavnost tirozin hidroksilaze, kar kaže na povečano tvorbo dopamina tako pri bolnikih s sindromom nemirnih nog kot pri živalih s pomanjkanjem železa. So pa te raziskave dokazale pomembno zmanjšanje števila receptorjev D2 v delu možganov, v katerega vodijo izrastki dopaminskih živčnih celic iz črnega jedra (Connor in sod., 2009). Pri hujših oblikah sindroma nemirnih nog je bilo zmanjšanje števila receptorjev bolj izrazito kot pri blažjih primerih.

Zmanjšanje števila receptorjev dopamina D2 pri sindromu nemirnih nog in pri pomanjkanju železa bi lahko bil odgovor živčnih celic na povečano količino dopamina v okolici. Da ni tako, so dokazali s poskusi s celično kulturo in živalmi. Celice v kulturi so izpostavili vedno večjim odmerkom snovi, ki veže železo, zato ga začne celicam primanjkovati. Podgane so šest tednov hranili s hrano, ki ne vsebuje železa. Tako celicam v kulturi kot možganom podgan se

je ob pomanjkanju železa zmanjšalo število receptorjev D2. Ni pa se zmanjšalo število molekul mRNA, ki prenašajo navodila za tvorbo beljakovin teh receptorjev. Torej se tvorba receptorjev ni zmanjšala, pomanjkanje železa je preprečilo le prenos receptorjev do membran, kjer naj bi opravljali svojo dejavnost (Unger in sod., 2008).

Ker število dopaminskih receptorjev skupine D1 z vzdražnim učinkom na živčne celice večinoma ni tako zmanjšano kot število receptorjev D2, ki preprečujejo vzdraženje, postane učinek dopamina na živčne celice pri pomanjkanju železa pretežno dražilen. Agonisti dopamina, ki se uporabljajo za zdravljenje sindroma nemirnih nog, se vežejo na D2-podobne receptorje dopamina, ki živčne celice pomirjajo. Ker pa dolgoročno še poslabšajo stanje in imajo tudi stranske učinke, je pri bolnikih s pomanjkanjem železa boljša oblika zdravljenja nadomeščanje železa. Dodajanje železa v kri je veliko učinkovitejše od jemanja tablet, saj se železo iz prebavil pogosto zelo slabo prenaša v kri. Ob pojavu nespečnosti s težavami pri uspanju bi zdravniki morali pomisliti, da je lahko krivo pomanjkanje železa. To je lahko prisotno tudi ob normalni krvni sliki z dovolj visokim hemoglobinom, saj lahko možganom primanjkuje železa tudi, kadar ga je v krvi dovolj. Potrebna je preiskava železa in feritina. Če sta njuni vrednosti nizki, je pomanjkanje železa v tkivih zelo verjetno. Sindrom nemirnih nog se lahko pojavi tudi pri otrocih in najstnikih, čeprav je pri starejših ljudeh pogostejši (Kryger in sod., 2002). Pri ženskah je pogost, ker izgubljajo železo pri menstruacijskih krvavitvah. Tudi hiperaktivni otroci z motnjami pozornosti imajo močno zmanjšane zaloge železa v feritinu. Pogosto imajo pomanjkanje železa in po zdravljenju z železom so starši poročali o izboljšanju njihovega vedenja (Patrick, 2007). Tako kot pri sindromu nemirnih nog tudi pri njih gibanje preprečuje neprijetne občutke. Sam sem nekoč lažje zaspal, če sem vstal in naredil nekaj počepov.

Literatura:

Allen, R., 2004: *Dopamine and iron in the pathophysiology of restless legs syndrome (RLS)*. *Sleep Medicine*, 5: 385-391.

Connor, J. R., in sod., 2009: *Altered dopaminergic profile in the putamen and substantia nigra in restless leg syndrome*. *Brain*, 132: 2403-2412.

Kryger, M. H., Otake, K., Foerster, J., 2002: *Low body stores of iron and restless legs syndrome: a correctable cause of insomnia in adolescents and teenagers*. *Sleep Medicine*, 3: 127-132.

Muñoz, M., Villar, I., Garcia-Erce, J. A., 2009: *An update on iron physiology*. *World Journal of Gastroenterology*, 15: 4617-4626.

Narasimban, L. R., Goodman, W., Kumar N. Patel, C., 2001: *Correlation of breath ammonia with blood urea nitrogen and creatinine during hemodialysis*. *PNAS*, 98 (8): 4617-4621.

Patrick, L., 2007: *Restless legs syndrome: Pathophysiology and the role of iron and folate*. *Alternative Medicine Review*, 12 (2): 101-112.

Pivonello, R., in sod., 2007: *Novel insights in dopamine receptor physiology*. *European Journal of Endocrinology*, 156: S13-S21.

Rangroo Thrane, V., in sod., 2013: *Ammonia triggers neuronal disinhibition and seizures by impairing astrocyte potassium buffering*. *Nature Medicine*, 19 (12): 1643-1650.

Sulzer, D., in sod., 2008: *Neuronal pigmented autophagic vacuoles: lipofuscin, neuromelanin, and ceroid as macroautophagic responses during aging and disease*. *Journal of Neurochemistry*, 106: 24-36.

Štukovnik, V., Dolenc Grošelj, L., 2013: *Nefarmakološki pristopi pri obravnavi kronične nespečnosti*. *Zdravniški vestnik*, 82: 316-325.

Thorpe, A. J., in sod., 2011: *Possible sites of therapeutic action in restless legs syndrome: Focus on dopamine and $\alpha 2\delta$ ligands*. *European Neurology*, 66: 18-29.

Unger, E. L., in sod., 2008: *Dopamine D2 receptor expression is altered by changes in cellular iron levels in PC12 cells and rat brain tissue*. *The Journal of Nutrition*, 138: 2487-2494.

Zecca, L., in sod., 2001: *Substantia nigra neuromelanin: structure, synthesis, and molecular behaviour*. *Journal of Clinical Pathology: Molecular Pathology*, 54: 414-418.

Naravoslovna fotografija • Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2014

Rezultati natečaja naravoslovne fotografije za leto 2014

V Prirodoslovnem društvu Slovenije že vrsto let razpisujemo natečaj naravoslovne fotografije za mlade avtorje. Nanj se je v letu 2014 odzvalo 28 avtorjev s skupno 184 fotografijami. Komisijo je tudi tokrat sestavljala sledeča ekipa: Stane Pelc, fotograf; dr. Tomaž Sajovic, urednik revije *Proteus*; Janja Benedik, direktorica uprave Prirodoslovnega društva Slovenije; Marjan Richter, tehnični oblikovalec fotografij v reviji *Proteus*, in dr. Petra Draškovič, urednica za naravoslovno fotografijo v reviji *Proteus* in referentka za naravoslovno fotografijo v Prirodoslovnem društvu Slovenije. Nismo imeli lahkega dela, saj so bili avtorji tudi tokrat odlični.

V kategoriji od 11 do 14 let si je prvo nagrado prislužila **Ela Zdešar** za fotografijo *Poti življenja*. Drugo nagrado je dobila **Tanja Holc** za fotografijo *Pred brlogom*, tretjo nagrado pa **Alja Juntez** za fotografijo *Ledene sveče*. Med najboljše smo uvrstili še fotografije avtorjev **Tanje Holc** (*Družina, Kamuflaža, Metulj(nik), Pri slapu*), **Špele Jambriško** (*Jutro, Ujete*) in **Ele Zdešar** (*Življenje gre naprej*).

V kategoriji od 15 do 17 let si je prvo nagrado s fotografijama *Modri cvet* in *Metuljček 1* prislužil **Dejan Damiš**, drugo in tretjo nagrado si delita **Ajda Zupan** s fotografijo *Barve* in **Tina Šket** s fotografijo *V kristalni vodi*. V ožji izbor so prišle še fotografije

Kategorija od 11 do 14 let

Zgoraj: Ela Zdešar: Poti življenja. Prva nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.

Spodaj: Tanja Holc: Pred brlogom. Druga nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.





Alja Juntez: Ledene sveče. Tretja nagrada v kategoriji od 11 do 14 let.

Kategorija od 15 do 17 let

Dejan Damiš: Metuljček 1. Prva nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.





Dejan Damiš: Modri cvet. Prva nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.

Tina Šket: V kristalni vodi. Druga in tretja nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.





Ajda Zupan: Barve. Druga in tretja nagrada v kategoriji od 15 do 17 let.

Kategorija od 18 do 25 let

Alen Ploj: Kosilo. Prva nagrada v kategoriji od 18 do 25 let.



Dejana Damiša (*Nek vijola, Metuljček 2, Lightning*), **Tine Šket** (*Divji petelin*), **Ajde Zupan** (*Razpoke*) in **Maje Kocijančič** (*Sivka*).

V kategoriji od 18 do 25 let je prvo nagrado osvojil **Alen Ploj** za fotografijo *Kosilo*, drugo nagrado **Eva Šuštar** za fotografiji *Konč-*

no zunaj in *V pripravljenosti*, tretjo nagrado pa si je s fotografijo *Velikan* prislužila **Ana Krišelj**. Med izbrane so se uvrstile še fotografije **Alena Ploja** (*Rdečeočki, Napad*), **Eve Šuštar** (*Silhueta, Na preži, Lakota*) in **Ane Krišelj** (*Na preži, Gradbenik*).



Eva Šuštar: V pripravljenosti. Druga nagrada v kategoriji od 18 do 25 let.



Eva Šuštar: Končno zunaj. Druga nagrada v kategoriji od 18 do 25 let.



Ana Krišelj: Velikan. Tretja nagrada v kategoriji od 18 do 25 let.

Vsem avtorjem iskreno čestitamo za sodelovanje in se veselimo vaših novih prispevkov v naslednjem letu. Do tedaj pa obilo užitkov pri odkrivanju narave skozi objektiv!

Petra Draškovič

Trg Franca Krašana v Šempasu

Marija Mercina

2. oktobra leta 1840 se je v Šempasu rodil slovenski botanik, profesor Franc Krašan. Komaj tri leta potem, ko je bila 21. oktobra leta 2011 na njegovi rojstni hiši - na domačiji Krašan, po domače pri Liberščevih - odkrita spominska plošča, so prebivalci tega kraja ponovno oživili zgodovinski spomin z ureditvijo novega vaškega trga in njegovim poimenovanjem po Francu Krašanu. Zamisel, ureditev trga in njegov namen je nazorno predstavil njegov snovalec, inženir arhitekture Adrijan Cingerle:

»Med Julijskimi Alpami in Jadranskim morjem, kjer se zgornji del rodovitne Vipavske doline prevesi v spodnjega, se pod robom Trnovske planote nahaja naselje Šempas. S soncem obsijana lokacija je odlično izhodi-

šče za pohodništvo, dnevne izlete med vinogradi in sprostitev v naravi.

Trg Franca Krašana predstavlja del celovite ideje o urejanju vaškega okolja. Predstavlja se kot del niza treh trgov, ki se urejajo po enakih načelih in tako ustvarjajo rdečo nit v prostoru. Posvečen je enemu vodilnih slovenskih botanikov 19. stoletja, Francu Krašanu, ki se je ukvarjal predvsem s fenologijo in med prvimi preučeval vplive okolja na razvoj vegetacije.

Žepni trg na stiku šempaških polj s precej zgoščeno zazidavo predstavlja šiv kulturne krajine z urbano. Uporabljeni so avtohtoni in precej tradicionalni materiali, noto sodobnosti doda kombinacija kovine korten in betona pri izdelavi urbane opreme. Tro-

Trg Franca Krašana 28. avgusta leta 2014. Foto: Leo Cabarija.





Levo zgoraj: *Skulptura Marka Pogačnika.*

Foto: Leo Cabarija.

Levo spodaj: *Živa voda.*

Foto: Leo Cabarija.



delnost ureditve je poudarjena z uporabo različnih materialov, ki prehajajo od trših k mehkejšim, kar ustvarja vez med grajeno strukturo in krajino.

Osrednji element trga predstavlja živa voda v obnovljenem vodnjaku, posvečenem prestolonasledniku Avstro-ogrske monarhije. Studenec je bil postavljen v spomin na dan, ko je Šempas obiskal nadvojvoda Karol Fran Josip.

Trg je namenjen predvsem manjšim prireditvam sosednjega muzeja in krajevne skupnosti, mimoidoči pa si lahko kadarkoli privoščijo postanek na poti, se odžejajo,

preberejo zanimivosti o botaniku Krašanu in občudujejo Pogačnikovo skulpturo.

V celoviti in nekoliko bolj dolgoročni viziji Šempasa bo trg Franca Krašana del botaničnega parka, ki bo obdajal objekt stare šole in večstanovanjski objekt, poimenovan po *Potentilli australis* Krašan - Vila Potentilla.«

Prireditev ob poimenovanju trga po Francu Krašanu je bila 29. avgusta leta 2014. Skulpturo je Marko Pogačnik podaril Šempascem, svojim sovaščanom.

Majhen, prijeten in prijazen trg mimoidoče vabi k počitku in požirku vode, pa tudi k razmisleku o vzornem odnosu prebivalcev do celotne slovenske dediščine in ohranjanju zgodovinskega spomina. Šempasci urejajo svoj kraj z veliko ljubeznijo, znanjem in medsebojno povezanostjo. Prepričana sem, da bi botanična stroka samo pridobila, če bi pri tem sodelovala, za začetek vsaj s pozornostjo do prizadevanj laikov na obrobju Slovenije, ki imajo primeren odnos do kulturne zgodovine. Zgodovina botanike pa sodi vanjo, mar ne?

Zimsko nebo in Jupitrova velika rdeča pega

Mirko Kokole

Jupiter, velikan našega Osončja, buri našo domišljijo že od pradavnine. To ni nič presenetljivega, saj je na nebu eden najsvetlejših objektov. Na zimskem nebu ga lahko vidimo tako rekoč vso noč. V januarskih poznih večernih urah se dviga izza vzhodnega obzorja, kjer ga ni težko prepoznati, saj je najsvetlejši objekt, nato skozi noč počasi potuje proti zahodu.

Jupiter je zanimiv za vsakega opazovalca nočnega neba, od tistega, ki le bežno pogleda v nebo in tam vidi zelo svetel objekt, kot za profesionalnega astronoma. In prav ti, kljub zelo obsežnim opazovanjem, še vedno niso razkrili vseh njegovih skrivnosti. Ena izmed zagonetnih ugank sta Jupitrova velika rdeča pega in njena barva.

Velika rdeča pega je ogromna anticiklonska

nevihta, ki obstaja na Jupitru, vse odkar jo je sredi sedemnajstega stoletja prvič skozi teleskop zagledal Giovanni Domenico Cassini. Pega je ovalne oblike, z manjšim premerom od 12.000 do 14.000 kilometrov in velikim premerom od 24.000 do 40.000 kilometrov. V zadnjem času so astronomi opazili, da svojo obliko počasi spreminja in postaja vedno bolj okrogle oblike. Za primerjavo povejmo, da je tako velika, da bi lahko vanjo dali kar dve Zemlji. Plini v njej se vrtijo v nasprotni smeri urinega kazalca in zanimivo je, da so plini pege za približno osem kilometrov dvignjeni nad ostalimi oblaki.

Poleg ogromne velikosti in dolge obstojnosti je ena najbolj zanimivih lastnosti pege tudi njena rdeča barva. Barva se spreminja od lososovo rdeče do popolnoma bele,

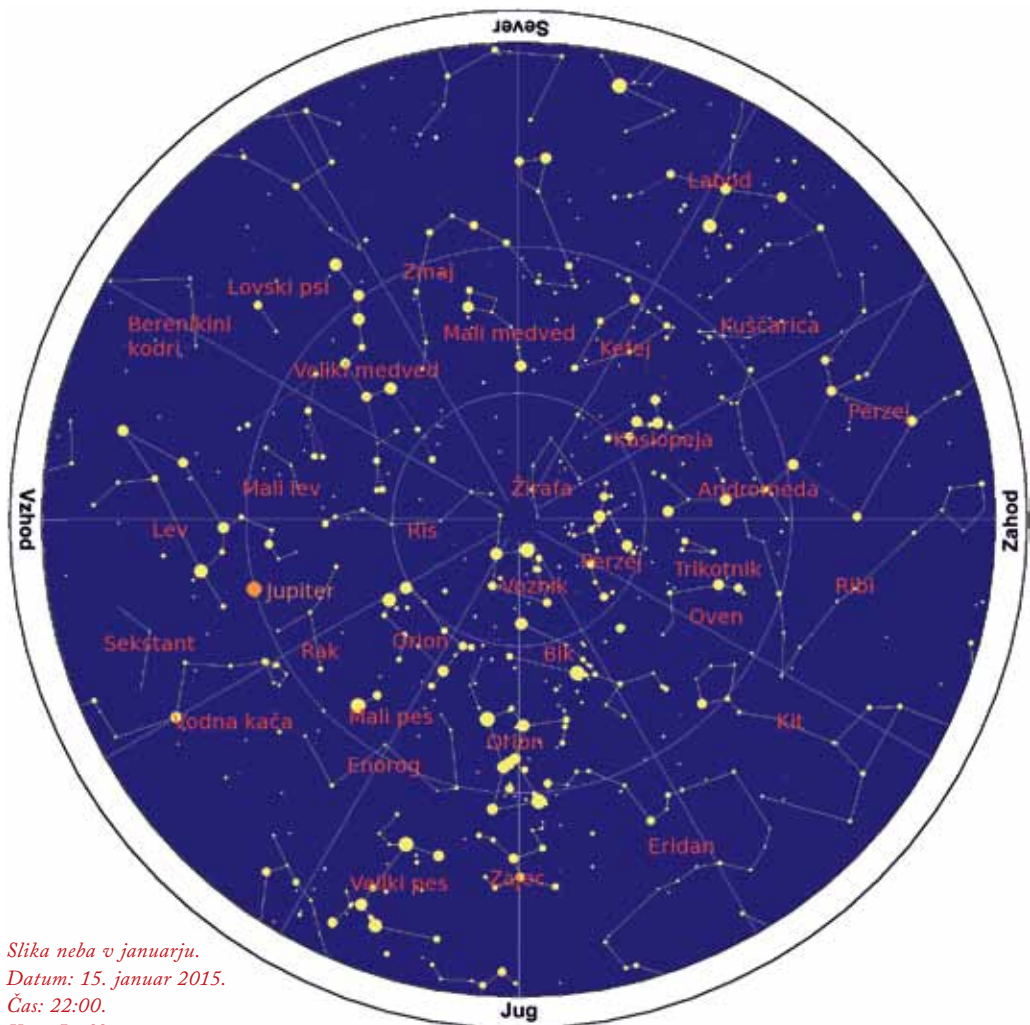


Slika Jupitrove velike rdeče pege, ki jo je posnela vesoljska sonda Voyager 1.

Foto: NASA, Caltech/JPL.

kar pomeni, da je skoraj ne moremo ločiti od okolice. Za astronome je bila zelo dolgo velika uganka, kaj povzroča rdečo barvo pege. Do nedavnega je prevladovala teorija, da je barva posledica razpadanja žveplovih spojin (na primer amonijevega hidrosulfata), ki se dvigajo iz notranjih območij Jupitrovega ozračja. Nedavno so raziskovalci naredili laboratorijski poskus, kjer so v nadzorovanih razmerah z obsevanjem amonijevega hidrosulfata z ultravijolično svetlobo poskusili ustvariti enake razmere kot na Jupitru. Poskus je dal vse prej kot pričakovane rezulta-

te, saj se je plin namesto v rdečo obarval v zeleno barvo. Negativni rezultat ni ustavil raziskovalcev. Poskus so ponovili z mešanico amonijaka in acetilena, ki se nahaja v zgornji plasteh Jupitrovega ozračja. In res, ta plin se je pod vplivom ultravijolične svetlobe obarval v ravno pravo rdečo barvo. Tudi spektroskopske analize so pokazale, da je spekter takega plina enak spektru Jupitrove velike rdeče pege. Tako lahko danes rečemo, da barvo Jupitrove rdeče pege povzroča vpliv močne ultravijolične svetlobe na mešanico acetilena in amonijaka. Ta rdeča snov



Slika neba v januarju.
Datum: 15. januar 2015.
Čas: 22:00.
Kraj: Ljubljana.

obstaja le v najbolj zgornjih plasteh, tako da je pega v notranjosti verjetno le blede barve, kot ostali del Jupitrovega ozračja. Odkritje je nadvse zanimivo tudi zato, ker je pokazalo, da se plini v Jupitrovem ozračju manj mešajo, kot smo pričakovali. To pomeni, da plini, ki obstajajo v nižjih plasteh ozračja, tam tudi ostanejo in se le malo dvigajo. Tudi rdeča mešanica, ki je nastala na površju, ne prodira v globino ozračja. Če bi se namreč to zgodilo, bi bila rdeča pega mnogo bolj intenzivne barve, kot jo vidimo.

Jupitrovo veliko rdečo pego lahko vidimo tudi sami, če le imamo večji teleskop, ki omogoča vsaj stokratno povečavo, in če je ozračje dovolj čisto in mirno. Za uspešno opazovanje pege potrebujemo nekaj potrpežljivosti, zato najprej začnemo z Jupitrovimi pasovi. Ko jih z lahkoto prepoznamo, bomo

lahko opazili tudi veliko rdečo pego. Če nimamo tako dobrega teleskopa, da bi lahko opazovali rdeče pege, poskusimo raje z opazovanjem Jupitrovih štirih velikih lun, Ia, Evrope in Ganimeda. Te zlahka vidimo že skozi manjši daljnogled. Predvsem je zanimivo opazovanje njihovega spreminjajočega se položaja. Kot zanimivost povejmo, da so lahko včasih, ko še ni bilo zelo natančnih ur, na podlagi njihovega položaja določali natančen čas (takrat na ničtem poldnevniku v Parizu) in s tem določali zemljepisno dolžino, na kateri so se nahajali. Danski fizik Ole Rømer je poskusil z opazovanjem Jupitrov lun določiti celo hitrost svetlobe. Prišel je do takrat zelo pomembnega sklepa, da je hitrost svetlobe končna.

Table of Contents

Editorial

Tomaž Sajovic

Nobel Prizes 2014

2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine Awarded for the Discovery of Cells That Constitute a Positioning System in the Brain

Zvezdan Pirtošek

This year's Nobel Prize in Medicine was awarded to scientists John O'Keefe, May-Britt Moser and Edvard I. Moser who focused their efforts on age-old questions that have never lost relevance and have to do with a fascinating part of the brain – the hippocampus and the nearby part of the brain called the entorhinal cortex, as well as on a highly important, fundamental cognitive function, navigation in the internally constructed cognitive map of the environment.

Entomology

Antlions, Insects with a Fascinating Hunting Strategy

Vesna Klokočovnik

Antlion larvae are predators with a fascinating hunting strategy. They are classified among sedentary predators that wait for their prey to come to them, rather than chase after it. Some species hunt their prey with special funnel-shaped traps dug in the sand that make it almost impossible for the prey to escape. Trap-building is rare in the animal world. While many animals secrete special substances to help them build a trap (like spiders, for example, excrete silk strands), antlions' larvae use no special excretion to build theirs. Instead, antlions build their traps by manipulating the material in which they live.

Physics

Moseley and Atomic Number*Janez Strnad*

With his X-ray measurements conducted in 1913 and 1914 Henry Moseley determined the nuclear charge on atoms. This way, he directly determined the number of elementary positive charges in an atom and the atomic number, i.e. the place of an element in the periodic table. Upon the centenary of the First World War, Moseley's story serves as a reminder that reinforces our awareness of the absurdity of war.

Medicine

Warfarin: from Rat Poison to Efficient Drug*Nejc Pavšič*

Warfarin is a vitamin K antagonist and is used as an oral anticoagulant. It has been used successfully for over sixty years in the prevention and treatment of thrombosis and thromboembolic diseases. Before it was clinically used it was known as an effective commercial rat poison. There are several stories surrounding its discovery and clinical use, revealing years of research, serendipities and developments it took to make warfarin the important drug we know today.

Neurology

Iron Cures Insomnia Caused by the Restless Leg Syndrome*Andrej Gogala*

Insomnia is a common sleep disorder that affects a large part of the population. About one in three people at least occasionally

report insomnia symptoms and 10 to 12 percent meet the criteria for this disorder. The percentage increases to 20 percent in late adulthood. People suffering from insomnia are sleepy and tired during the day; they are often depressed and have a weak immune system, which can eventually have major implications for their health. There are many reasons for insomnia and the symptoms include difficulty initiating and maintaining sleep, early awakening and non-refreshing sleep.

Nature photography

Results of the Nature Photography Competition 2014

Petra Draškovič

Preservation of Historical Memory

Franc Krašan Square in Šempas*Marija Mercina*

Our sky

Winter Sky and Jupiter's Great Red Spot*Mirko Kokole*

Table of Contents



Foto: Tomaž Sajovic.

Bralkam in bralcem revije *Proteus* želimo, da bi s svojo radovednostjo in pozornostjo tudi v letu 2015 pomnoževali življenje na tem svetu.

Uredniški odbor

Neapeljski vulkani in Narodni park Gargano

25. aprila – 2. maja 2015

Okolica Neaplja je še vedno vulkansko zelo aktivna
in ogledali si bomo primere vulkanske aktivnosti,
ki se odvijajo tukaj, zdaj in pred našimi očmi.

Posledice vulkanskega delovanja so »pomagale« ohraniti trenutke preteklosti
in ohraniti čudovito umetnost in vsakdanjost nekaterih antičnih mest pod Vezuvom.

Naša pot ne bo klasično turistična, ampak zavita v tančico skrivnosti,
ki so večini ljudi neznane, so pa zato toliko bolj zanimive
in navdušujoče, ko jih odkrijete ...

Vse to bomo popestrili s skokom preko Apeninov v Narodni park Gargano,
botanično izredno zanimivo destinacijo – številne orhideje, tudi endemične,
so pravi magnet za ljubitelje narave, poleg njih še posebni gozdovi, tektonski prelomi,
lagune z morskimi pticami ...

Na poti proti domu nas čaka še ogled umbrijskega bisera
s številnimi kraškimi polji s čredami divjih konj,
ki jih prijetno popestri izvrstna kulinarika prijaznih domačinov.





Cene potovanj in podrobnejše
programe si lahko ogledate na spletni
strani www.proteus.si,
več informacij dobite v upravi društva
na telefonski številki **01/252-19-14**
ali na elektronskem naslovu
prirodoslovno.drustvo@gmail.com.



■ Nobelove nagrade 2014

Letošnja Nobelova nagrada za fiziologijo ali medicino je bila podeljena za odkritje možganskih celic, ki omogočajo orientacijo v prostoru

Letošnja Nobelova nagrada za medicino je bila podeljena znanstvenikom Johnu O'Keefeju, May-Britt Moser in Edvardu I. Moserju, ki so svojo ustvarjalnost posvetili starim, a nadvse zanimivim predelom možganov – hipokampusu in predelom entorinalnega korteksa - in nadvse pomembni temeljni življenjski funkciji – navigaciji po notranje izgrajenem spoznavnem zemljevidu (kognitivni mapi) prostora.



■ Fizika

Moseley in vrstno število

V letih 1913 in 1914 je Henry Moseley z rentgenskimi meritvami ugotovil naboj atomskih jeder. Tako je neposredno določil število pozitivnih osnovnih nabojev v atomu in vrstno število, to je mesto elementa v periodnem sistemu. Ob stoletnici začetka prve svetovne vojne Moseleyjeva zgodba utrjuje zavest o nesmislu vojn.



■ Medicina

Varfarin: od strupa za podgane do učinkovitega zdravila

Varfarin je zdravilo iz skupine zaviralcev (antagonistov) vitamina K in ga uporabljamo kot oralno zdravilo proti strjevanju krvi (antikoagulacijsko zdravilo). Njegovo delovanje se že šestdeset let s pridom uporablja pri preprečevanju nastajanja in zdravljenju krvnih strdkov (tromboz in trombemboličnih bolezni). Še pred prvo klinično uporabo so ga množično in uspešno uporabljali kot sestavino strupa za podgane. Z njegovim odkritjem in klinično uporabo je povezanih več zgodb, ki razkrivajo leta raziskovanj, naključij in prilog, ki so bila potrebna, preden je varfarin postal tako pomembno zdravilo, kot ga poznamo danes.

ISSN 0033-1805



9 770033 180005